개선된 RBF 신경망을 이용한 여권 인식

류재욱* · 김태경** · 김광백***

The Passport Recognition by Using Enhanced RBF Neural Network

Jae-Uk Ryu* · Tae-Kyung Kim** · Kwang-Baek Kim***

요 약

출입 관리는 위조 여권 소지자, 수배자, 출입국 금지자 또는 불법 체류자 등의 출입국 부적격자를 검색하고 출입국자를 관리하기 위하여 행하여진다. 한편, 여권에는 사진, 국적, 성명, 주민등록번호, 성별, 여권번호 등을 포함한 정보들로 이루어져 있다. 이러한 출입국 관리 시스템은 출입국 심사 시간이 길어 출입국자에게 불편이 따르고 또한 출입국 부적격자에 대한 정확한 검색이 불분명하여 체계적으로 관리하기가 어렵다. 이러한 종래의 문제점을 개선하기 위해 영상 처리와 문자 인식을 이용한 여권 인증 시스템을 제안한다. 본 논문에서는 여권 영상에 대해 소벨 연산자와 스미어링 기법 그리고 윤곽선 추적 알고리즘을 이용하여 사진영역, 코드 영역 및 개별 코드 문자를 추출하였다. 추출된 개별 코드 인식은 ART2 알고리즘을 기반으로한 RBF 신경망을 제안하여 여권 인식에 적용하였다. 제안된 방법의 성능을 확인하기 위해서 실제 여권 영상들을 대상으로 실험한 결과, 제안된 방법이 여권 인식에 우수한 성능이 있음을 확인하였다.

Key words : 여권, 스미어링 기법, 윤곽선 추적 알고리즘, ART2, RBF 신경망

1. 서론

세계화와 교통 수단의 발달로 인하여 공항 등을 통하여 입국하거나 출국하는 내국인 및 외국인의 수가 증가하는 경향을 보이고 있다. 현행 출입국 관리는 사용자가 여권을 제시하면, 이를 육안으로 검색하고 수작업으로 정보를 입력하여 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 이루어져 있다. 이러한 출입국 관리 시스템은 출입국 심사 시간이 길어 출입국자에게 불편이 따르고 또한 출입국 부적격자에 대한 정확한 검색이 불분명한 단점이 있어 체계적으로 관리하기가 어렵다[1]. 본 논문에서는 이러한 출입국자의 정보 관리 문제를 개선하기 위하여 스미어링 기법, 윤곽선 추적 알고리즘과 ART2 기반 RBF 신경망을 이용한 여권 인식 시스템을 제안한다. 에지를 추출하는 방법에는 소벨 연산자와 Roberts, 라플라시안 등의 미분 연산자가 있다[2]. 라플라시안 같은 미분 연산자는 잡음에 약해서 가우시안 평활화와 함께 사용해야 하므로 처리 시간이 많이 소요되는 단점이 있으나 1화소 두께의 에지를 검출할 수 있는 장점이 있다[3]. 소벨 연산자는 일차 미분 값을 이용하므로 잡음에 강하고 처리 시간도 적게 소요된다[4]. 본 논문에서는 편미분 연산자에 의한 직접적인 소벨 연산보다 3×3 소벨 마스크를 이용하여 여권 영상에서 에지를 추출한다.

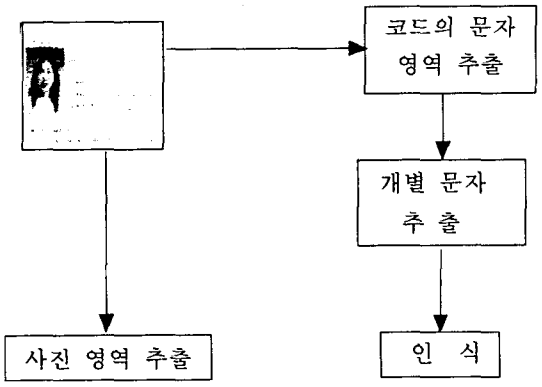
스미어링(smearing) 방법은 문지르기 기법이라고도 하며, 흑 화소(black)를 수평 또는 수직 방향으로 일정한 크기의 픽셀만큼 늘려주는 방법으로 사용된다[5,6]. 본 논문에서는 3×3 소벨 마스크를 적용한 영상에 대해 수평 방향으로 스미어링 한 후에 4 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 이용하여 코드 영역의 문자열을 추출하고 추출된 코드의 문자열 영역에 대해 수직 방향 스미어링 기법을 이용하여 개별 코드 문자를 추출한다.

RBF 신경망은 입력(input), 은닉(hidden), 출력(output) 3개의 층으로 구성된 전방향 신경망(feedforward neural network)이다. 층간에 각기 다른 일을 수행하므로써 각 층간에 서로 다른 알고리즘을 적용할 수 있으며 층간의 최적화(optimization)를 분리하여 구성할 수 있다. 층간의 구성은 크게 3가

지의 분류로 나눌 수 있다. 첫째로, Fixed Centers Selected at Random으로 은닉층의 노드가 학습 데이터 집합으로부터 임의적으로 선택되는 방식과 둘째, Self-organized Selection of Centers으로 자기 조직화 형식에 따라 은닉층을 결정하고, 출력층에서는 지도(supervised) 학습을 적용하는 방식이다[7]. 그리고 마지막으로 Supervised Selection of Centers로 은닉층과 출력층을 지도 학습으로 학습을 시키는 방식으로 구분할 수 있다. 따라서 추출된 개별 코드 인식은 ART2 기반 RBF 신경망을 제안하여 여권 인식에 적용한다.

2. 여권 문자 및 사진 추출

출입자를 관리하기 위해서, 공항등에서 출입국자에 대하여 인증을 하게 되는데, 본 논문에서는 여권 발급자 데이터베이스에 구축된 정보, 예를 들면, 사진, 주민등록 번호, 국가코드, 여권 번호, 성별 등과 같이 여권에서 획득한 정보들을 자동적으로 인식함으로써 검사 시간을 단축할 수 있고, 위조 여권 여부를 확인할 수 있다. 여권 이미지는 왼쪽 영역에 사진이 부착되어 있고 오른쪽 영역에는 사용자들의 정보들이 있다. 그리고 여권의 아래에는 사용자의 정보가 하나의 코드처럼 표시되어 있다. 이 코드를 인식하여 사용자의 정보를 인식할 수 있는 여권 인식 알고리즘을 제시한다. 제시된 여권 인식의 처리하는 과정은 크게 두 단계로 분류된다. 각종 정보를 얻기 위한 개별 코드 문자와 사진 영역을 추출하는 단계와 추출된 개별 코드 문자를 인식하는 단계로 구분된다. 본 논문에서 여권의 코드 문자를 인식하는 처리 과정은 그림1와 같다.

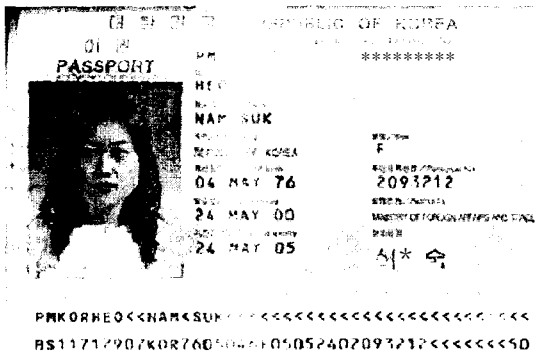


[그림 1] 여권 인식 시스템의 처리 과정

2.1 문자 영역 추출

본 논문에서는 사진 영역보다 코드의 문자 영역을 우선적으로 추출한다. 그 이유는 일반적으로 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 사진 영역을 추출한다. 본 논문에서는 그림 2와 같이 현재 사용되고 있는 여권을 기반으로 하여 코드 영역으로 추출한다. 여권 영상에서 사용자의 코드 정보가 있는 배경 영역은 흰색으로 구성되어 있으며 코드정보 영역은 44개의 문자가 두 줄로 정렬되어 있다.

따라서 본 논문에서는 소벨 연산자와 스미어링, 윤곽선 추적기법을 적용하여 코드 영역을 찾는다. 그림 3은 여권 영상에 적용하기 위한 소벨 마스크이다. 먼저 소벨 마스크를 이용하여 에지를 검출하고, 소벨 마스크가 적용된 영상에서 스미어링 및 윤곽선 추적을 이용하여 코드의 문자열 영역을 찾는다.

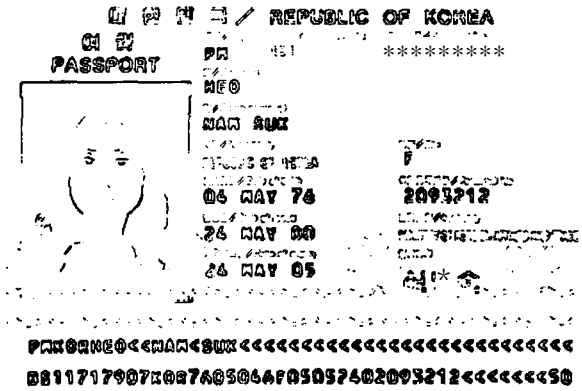


[그림 2] 여권 영상

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

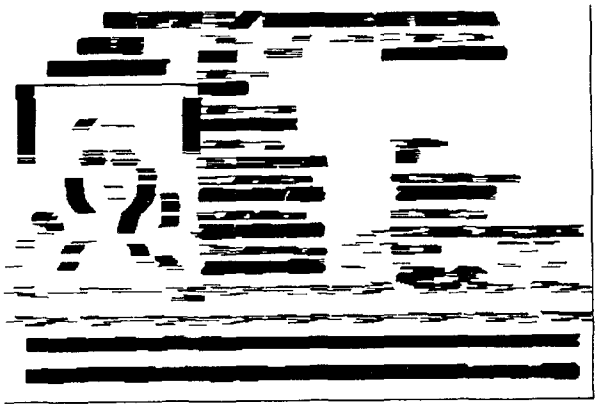
[그림 3] 소벨 마스크



[그림 4] 소벨 마스크를 적용한 영상

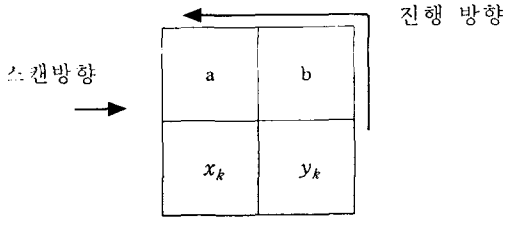
그림 4는 소벨 마스크를 적용한 영상이다. 소벨 마스크를 적용한 영상을 가로 스미어링하여 후보 코

드의 문자열 영역을 찾는다.
수평으로 스미어링된 영역들은 그림 5과 같다. 수평 스미어링 후의 영상을 윤곽선 추적 기법을 이용하여 각각의 직사각형 형태의 영역을 찾아, 수평, 수직비율을 계산하여 비율의 차가 가장 큰 영역을 코드의 문자열 영역으로 추출 한다.



[그림 5] 수평 스미어링을 적용한 영상

수평 방향으로 스미어링된 영상에 대해 4 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용한다. 윤곽선 추적 방법은 영상을 주사하면서 연결 요소를 연결하여 윤곽선을 추출하는 방법이다. 본 논문에서는 수평 방향으로 스미어링된 영상에 대해서 2×2 마스크를 이용하여 윤곽선을 추적한다. 윤곽선 추적은 스미어링된 영상에서 경계 픽셀을 만나기 전까지는 왼쪽에서 오른쪽으로, 위쪽에서 아래쪽으로 스캔한다[8,9]. 그림 6는 4 방향 윤곽선 추적에 사용한 2×2 마스크로서 경계 픽셀을 만나면 시작점으로 선택하여 마스크를 x_k에 위치시키고 a와 b에 대응하는 두 픽셀을 고려하여 마스크의 진행 방향을 표 1과 같이 결정하고 x_k가 지나간 픽셀이 윤곽선이 된다. 따라서 코드의 문자열 영역 추출은 스미어링된 영상에 대해 4 방향 윤곽선 추적 방법을 적용하여 픽셀 간의 연결 요소를 연결하여 직사각형 형태의 문자열 영역으로 구분한다. 그리고 수평, 수직의 비율이 가장 큰 직사각형 형태의 영역을 코드의 문자열 영역으로 추출한다.



[그림 6] 윤곽선 추적을 위한 2×2 마스크

표 1. 2×2 마스크에 의한 a와 b의 진행방향

	a	b	x_{k+}	y_{k-}
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 문자 추출

추출된 코드 영역에서 여권을 인식하기 위하여 개별 코드단위로 문자를 추출한다. 추출된 코드의 문자열 영역을 수직으로 스미어링 한다. 개별 코드 문자는 수직축의 좌표를 이용하여 개별코드들을 구분하고, 수평축의 좌표를 이용하여 개별 코드의 크기를 정한다. 추출된 개별 코드들은 ART2 기반 RBF 신경망에 적용하기 위하여 정규화 한다.

2.3 사진 영역 추출

코드의 문자열 영역을 추출한 후에 코드의 문자열 영역이 시작되는 좌표를 중심으로 사진 영역을 추출한다. 코드의 문자열 영역이 시작되는 좌표로부터 영상의 1/3 정도의 크기를 가진 영역을 사진이 있는 후보 영역으로 설정한다. 소벨 마스크는 잡음에는 민감하지만, 에지로 추출되는 선이 굵게 나타나기 때문에 사진의 윤곽이 더 잘 선명하게 나타난다. 따라서 선택되어진 후보 영역에 대해 소벨 마스크를 적용하여 에지를 추출한다. 소벨 마스크가 적용된 영상에 히스토그램을 이용하여 사진영역의 위치 정보를 찾는다. 사진 영역은 사진 테두리의 에지 길이가 다른 영역과 비교해서 x축의 에지 길이 보다 y축의 에지 길이가 크게 나타나고, 수평과 수직의 길이 비율이 3 : 4 정도의 비율을 가진다. 이와 같은 정보를 이용하여 사진영역을 추출하는 방법이 히스토그램을 이용한 방법보다 사진 영역의 추출 시간을 단축시킬 수 있다.

3. ART2 알고리즘을 기반으로 한 RBF 신경망에 의한 여권 인식

RBF 신경망의 은닉층은 클러스터링하는 층이다. 즉, 이 층의 목적은 주어진 자료 집합을 유사한 클러스터들(homogenous clusters)로 분류하는 것이다. 여기서 유사하다는 것은 입력 데이터들에 대한 특

징 벡터 공간사이에서 한 클러스터내의 벡터들간에 거리를 측정하여 정해진 반경내에 존재하면 같은 클러스터로 분류하고 정해진 반경내에 존재하지 않으면 다른 클러스터로 분류한다. 그러나 정해진 반경 내에서 클러스터링하는 것은 잘못된 클러스터를 선택하는 단점을 가지게 된다. 그러므로 중간층을 결정하는 것은 RBF 신경망의 전반적인 효율성에 큰 영향을 준다[10]. RBF 신경망에서 학습이 완료된 상태 즉, 연결강도가 특정값으로 고정된 상태에서 새로운 패턴을 학습시키게 되면 이미 설정된 모든 연결 강도에 영향을 주기 때문에 신경망을 다시 학습시키는데 상당한 시간이 소요되는 단점이 있고, 신경망에 학습되지 않은 전혀 새로운 형태의 패턴이 들어오는 경우에는 이전의 학습된 유사한 패턴으로 분류해 버리는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 학습되지 않은 새로운 패턴이 들어오면 새로운 클러스터를 생성하고 기존의 패턴에 영향을 주지 않게 하기 위하여 ART2 알고리즘을 적용한다[11]. ART2 기반 RBF 신경망을 이용한 학습은 크게 두 단계로 구분된다. 첫 번째 단계는 입력층과 은닉층 사이에 경쟁학습이 수행되고, 두 번째 단계는 은닉층과 출력층 사이에 지도학습이 수행된다.

ART2 기반 RBF 신경망의 입력층과 은닉층 사이의 출력 벡터는 식(1)과 같다. 은닉층의 출력 벡터는 입력패턴과 클러스터들과의 오차를 식(1)과 같이 계산한다. 그리고 식(2)와 같이 가장 작은 출력 벡터를 가진 노드가 승자 노드가 된다.

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

$$O_j^* = \wedge\{O_j\} \qquad (2)$$

$\wedge$는 최소값을 계산하는 함수이고, w_{ji}는 입력층과 은닉층사이의 연결 가중치이다.

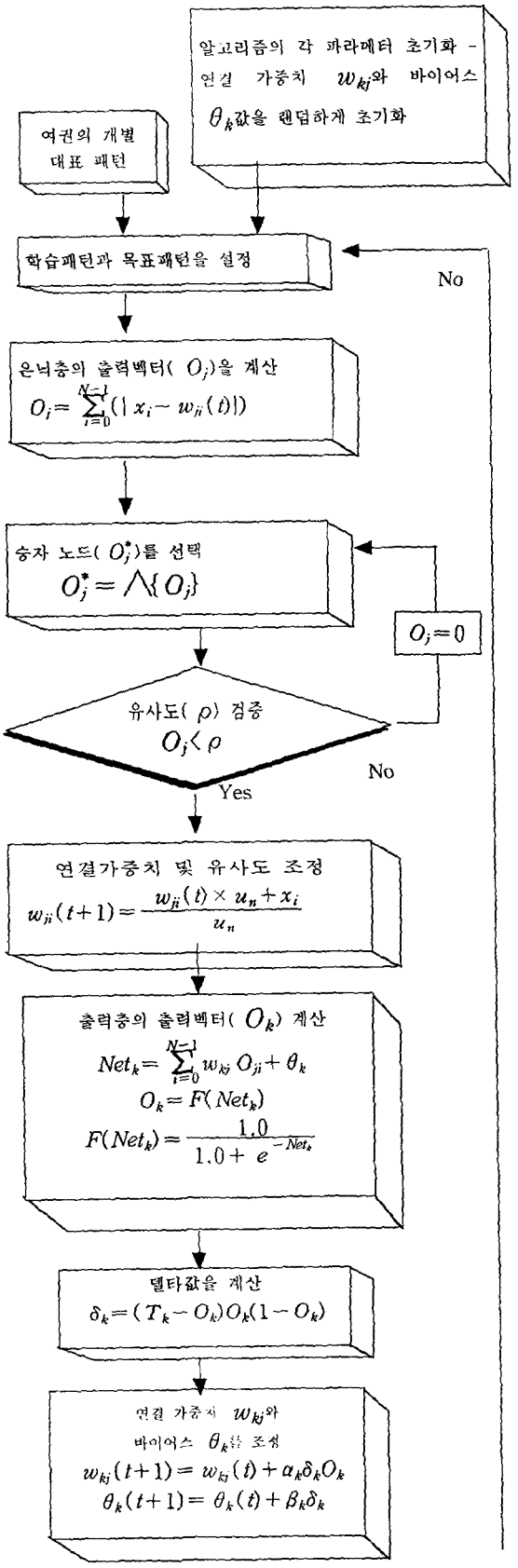
ART2 기반 RBF 신경망 알고리즘에서 은닉층의 승자 노드는 입력 벡터와 은닉층의 출력 벡터의 차이가 최소인 값을 계산하여 승자노드로 선정한다. 선정된 승자노드에 대한 유사성의 검증은 식(3)와 같다.

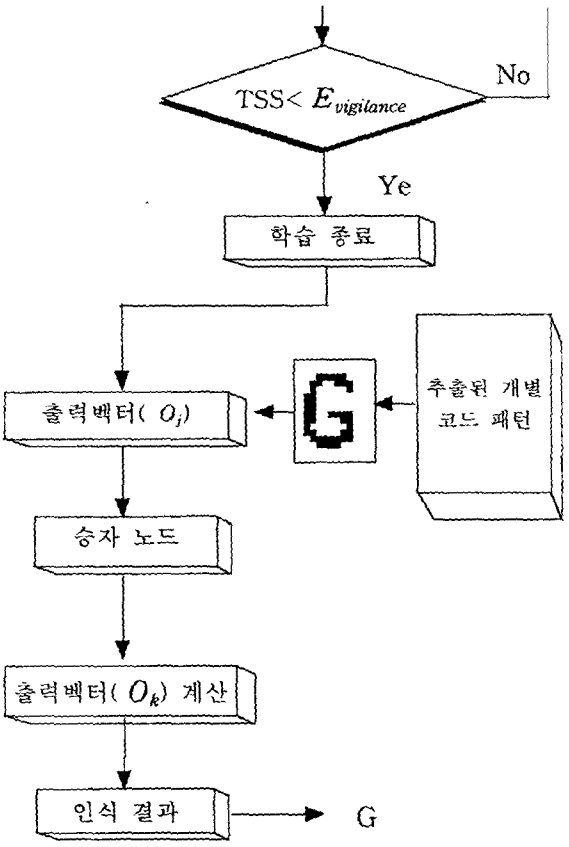
$$O_j^* < \rho \qquad (3)$$

ρ는 제안된 알고리즘의 경계 변수이고, 승자노드의 출력 벡터가 경계 변수보다 적으면 같은 패턴으로 분류하고 아니면 다른 패턴으로 분류한다. 같은 패턴으로 분류되면, 입력 패턴의 유사한 특징을 연결 강도에 반영하기 위해 연결 강도를 조정한다. 제안된 알고리즘의 연결강도의 조정은 다음과 같다.

$$w_{ji}(t+1) = \frac{w_{ji}(t) \times u_n + x_i}{u_n} \qquad (4)$$

여기서 u_n은 생성된 클러스터에 갱신된 패턴들의 개수이다. 여권 인식을 위한 ART2 기반 RBF 신경망 알고리즘은 그림7과 같다.



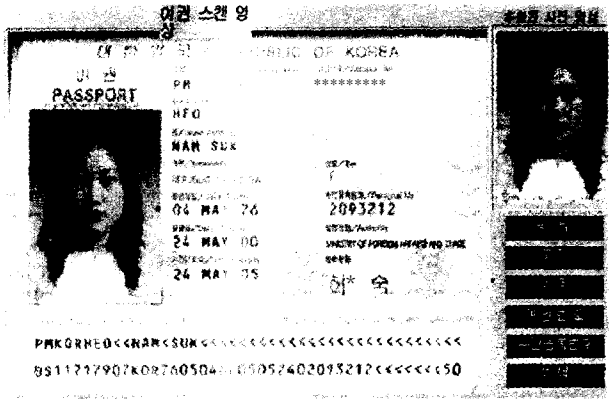


[그림 7] ART2 기반 RBF 신경망 알고리즘

4. 실험 및 결과 분석

본 논문에서 제안된 알고리즘의 성능을 분석하기 위하여 Intel Pentium-550MHz CPU와 128 MB RAM이 장착된 IBM 호환 PC상에서 C++ 빌더로 여권 인식 시스템을 구현하였다. 실험에 사용된 여권 영상은 HP ScanJet 4200C 스캐너를 이용하여 600 × 437 픽셀크기를 가진 30개의 여권 영상을 사용하여 성능 평가 실험에 적용하였다. 그림 2의 여권 영상에 대해 코드의 문자열 영역과 개별 코드 문자의 추출 결과는 그림 8의 (a)와 같고 사진 영역 추출 결과는 그림 8의 (b)와 같다.

(a) 코드 문자 추출 결과



(b) 사진영역 추출 결과

[그림 8] 개별 코드 및 사진 영역 추출 결과

30개의 여권 영상에서 추출된 코드 문자열의 수와 개별 코드 문자의 수는 표 2와 같다. 표 2에서와 같이 60개의 코드의 문자열 영역과 2640개의 개별 코드 문자가 모두 추출되었다.

표 2. 코드 문자열 영역 및 개별 코드 추출 개수

	추출 수
코드문자열 영역	60 / 60
개별코드	2640 / 2640

30개의 여권 영상에서 추출된 2640개의 개별 코드 문자 중에서 출입국자의 정보로 사용되는 여권의 종류, 국적, 성명, 여권 번호, 주민등록 번호, 성별 등의 개별 코드 문자는 1235개이다. 그리고 15개의 여권 영상에서 추출한 개별 코드 620개를 ART2 기반 RBF 신경망 알고리즘에 학습한 결과를 표 3으로 나타내었다.

표 3. ART2 기반 RBF 신경망 알고리즘에 의한 Epoch 수 및 생성된 은닉층의 노드 수

	생성된 은닉층 노드 수	Epoch 수
ART2 기반 RBF 신경망 알고리즘	387	5000

ART2 기반 RBF 신경망에서 은닉층의 노드를 생성 및 갱신하는데 사용되는 경계 변수를 0.75로 설정하는 것이 최적으로 나타났다. 경계 변수를 0.75로 설정했을 때 유사한 패턴들이 서로 다른 은닉층의 노드로 분류되지 않았고 은닉층의 노드 수도 증가되지 않았다.

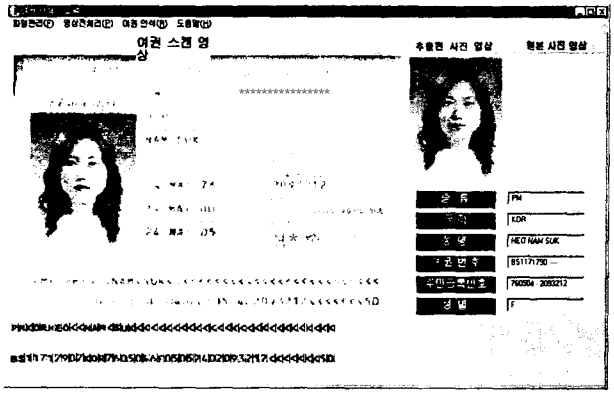
ART2 기반 RBF 신경망에 의해 학습된 15개의 여권 영상과 학습되지 않은 15개의 여권 영상에 대해 인식을 실험한 결과는 표 4와 같다. 표 4에서와 같이 30개의 여권 영상에서 개별 코드들이 모두 인

식되었다.

표 4. 제안된 방법에 의한 여권 인식 결과

	학습된 15개의 여권 영상	학습되지 않은 15 개의여권 영상
개별 코드 인식 수	620 / 620	615 / 615

제안된 여권 인식 시스템의 전체 화면은 그림 9와 같다.



[그림 9] 여권 인식 시스템 화면

5. 결론 및 향후 연구 방향

현행 출입국 관리는 사용자가 여권을 제시하면, 여권을 육안으로 검색하고 수작업으로 정보를 입력하여 여권의 데이터 베이스와 대조하였다. 이러한 종래의 출입국 관리 시스템은 출입국 심사 시간이 길어 출입국자에 불편을 제공하고 출입국 부적격자에 대한 정확한 검색이 이루어지지 않아 체계적으로 관리하기가 어려웠다. 이러한 종래의 문제점을 개선하기 위해 스미어링 기법, 윤곽선 추적 알고리즘과 ART2 기반 RBF 신경망 알고리즘을 이용하여 여권을 인식하는 방법을 제안하였다.

본 논문에서는 3×3 소벨 마스크를 이용하여 에지를 검출하고, 3×3 소벨 마스크가 적용된 영상을 수평 방향으로 스미어링 한 후에 4 방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 코드의 문자열 영역을 추출하였다. 추출된 코드의 문자열 영역을 수직 방향으로 스미어링하여 개별 코드 문자를 추출하고 정규화 하였다. 그리고 추출된 개별 코드를 인식하기 위하여 ART2 기반 RBF 신경망 알고리즘을 제안하였다. 기존의 RBF 신경망 알고리즘에서 학습이 완료된 상태 즉, 연결강도가 특정값으로 고정된 상태에서 새로운 패턴을 학습시키게 되면 이미 설정된 모든 연결 강도에 영향을 주기 때문에 신경망을 다시 학습시키는데 많은 시간이 소요되는 단점과 신경망에 학습되지 않은 전혀 새로운 형태의 패턴이 들어오는 경우에는 이전의 학습된 유사한 패턴으로 분류하는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 학습되지 않은 새로운 패턴이 들어오면 새로운 클러스터를 생성하고 기존의 패턴에 영향을 주지 않게 하기 위하여 ART2 알고리즘을 RBF 신경망에 적용하였다.

제안된 여권 인식 방법에 대해서 30개의 여권 영상을 적용한 결과, 30개의 여권 영상에서 개별 코드들이 모두 추출 및 인식되었다.

향후 연구 과제로는 제안된 여권 인식 방법을 다양한 국내외 여권 영상에 적용하여 위조 여권을 판별할 수 있는 시스템을 개발 할 것이다.

참고문헌

[1] 류재욱, 김광백, "스미어링 기법과 퍼지 ART 알고리즘을 이용한 여권 인식," 퍼지 및 지능 시스템 학회 논문지, pp.37-42, 2002.

[2] Milan Sonka, Vaclav Havac and Rogern Boyle, "Image Processing, Analysis and Machine Vision" *Uiversity Press*, Cambridge, pp.113-121, 1993.

[3] Rafer C. Gonzalez and Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, 1992.

[4] J. R. Parker, Algorithm for Image Processing and Computer Vision , *Wesley Computer Publishing*, 1996.

[5] L. O'Gorman and R. Kasturi, "Document Image Analysis Systems," *IEEE Computer*, Vol. 5, pp.5-8, 1992.

[6] F. M. Wahl. K. Y. Wong, and R. G. Casey, "Block Segmentation and Text Extraction in Mixed Text/Image Documents," *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, Vol. 22, pp.375-390, 1982.

[7] 황영섭, 방승양,"RBF 신경망 분류기의 효율적 구성 방법," *한국정보과학회논문지*, Vol. 21, No. 5, pp.451-460, 1997.

[8] 김성영, 권태균, 김민환, "추적에 의한 단순화된 윤곽선 추출," *한국멀티미디어학회 춘계발표논문집, 제 2 권*, 제1호, pp.356~361, 1999.

[9] 김광백, 노영욱, "동적인 임계화 방법과 코호넨 알고리즘을 이용한 차량 번호판 인식에 관한 연구," *한국통신학회논문지*, 제26권, 제12A호, pp.2019-2026, 2001.

[10] M. Watanabe, K, Kuwata and R.Katayma, "Adaptibe Tree-Structured Self Generting Radial Basis Function and its Application to Nonlinear Idenification Problem," in Proc. IIZUKA, pp.167-170. 1994.

[11] Gail A. Capenter and Stephen Grossberg. "ART2 : self-organization of stable category recognition code for analog input patterns," *OPTICS*, Vol.26, No23, pp.4919-4930, 1897.