

## 결합 신경망을 이용한 여권 MRZ 정보 인식\*

김진호\*\*

### *Recognition of Passport MRZ Information Using Combined Neural Networks*

Kim Jinho

#### 〈Abstract〉

In case of reading passport using a smart phone in contrast with a dedicated passport reading system, MRZ(Machine Readable Zone) character recognition can be hard when the character strokes were broken, touched or blurred according to the lighting condition, and the position and size of MRZ character lines were varied due to the camera distance and angle. In this paper, the effective recognition algorithm of the passport MRZ information using a combined neural network recognizer of CNN(Convolutional Neural Network) and ANN( Artificial Neural Network), is proposed under the various sized and skewed passport images. The MRZ line detection using connected component analysis algorithm and the skew correction using perspective transform algorithm are also designed in order to achieve effective character segmentation results. Each of the MRZ field recognition results is verified by using five check digits for deciding whether retrying the recognition process of passport MRZ information or not. After we implement the proposed recognition algorithm of passport MRZ information, the excellent recognition performance of the passport MRZ information was obtained in the experimental results for PC off-line mode and smart phone on-line mode.

Key Words : Passport Recognition, MRZ Information, CNN, Identity Information Recognition

### I. 서론

여권 전용 판독 시스템과는 다르게 스마트 폰 카메라를 이용하여 여권을 자동으로 인식하면 여행사나 면세점 등과 같이 여권 정보의 기록이 필요한 업무를 간편하게 처리할 수 있기 때문에 관련 기술에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다[1-4]. 현재 통용되고

있는 기계 판독여권(machine readable passport)은 국제민간항공기구의 ISO/IEC 750-1 표준[5]에 따라 여권의 첫 장 아래쪽에 MRZ 영역을 배치해 두고 있다. 여권의 MRZ 영역은 OCR(optical character recognition) 처리가 용이하도록 고정된 폭과 크기의 OCR-B 텍스트 폰트를 사용한 문자열로 구성되어 있으며 배치 정보 및 줄 간 간격까지 고정되어 있다[6, 7].

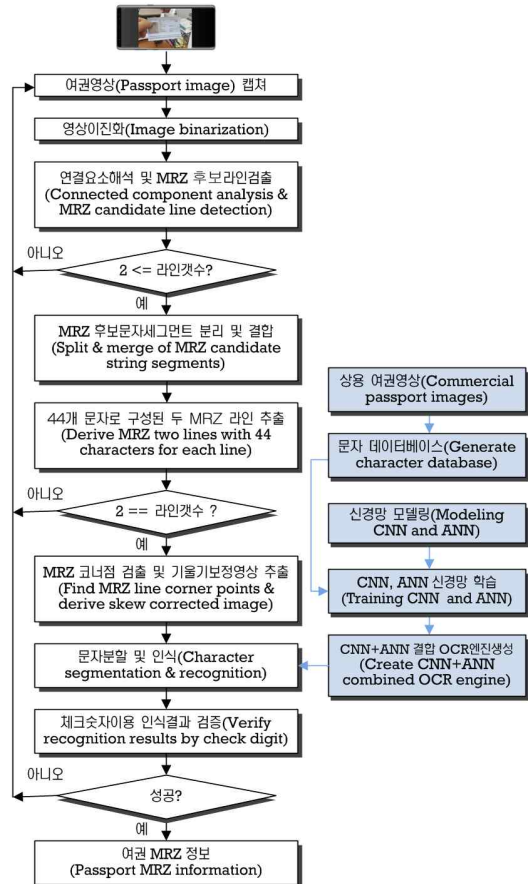
여권 전용 판독시스템을 이용할 경우 여권의 MRZ 문자열을 지정된 위치에 맞출 수 있고 외부 조명 간

\* 본 연구는 경일대학교 교원연구년제에 의하여 지원됨 (2018).

\*\* 경일대학교 전자공학과 교수



<그림 1>에 도시한 MRZ 정보를 인식하기 위해 MRZ 라인 추출, 문자열 분할, 정보 항목 인식 및 체크 숫자 검증 과정을 <그림 2>와 같은 알고리즘으로 구현한다.



<그림 2> 결합 신경망을 이용한 여권 정보 인식 알고리즘

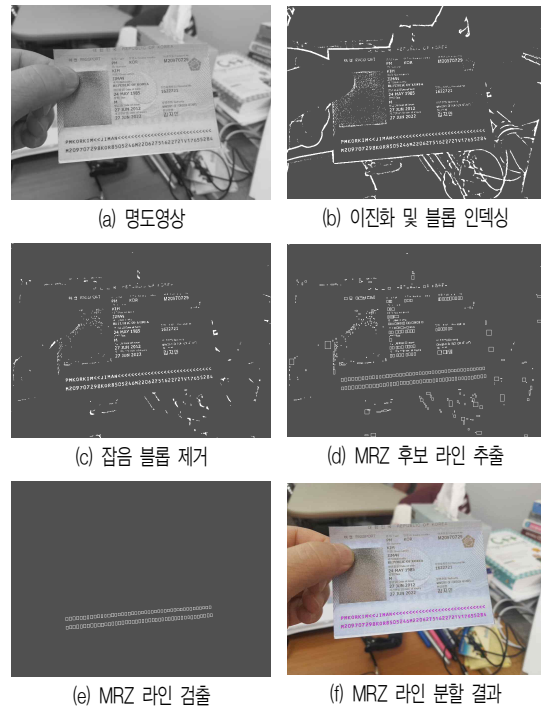
스마트 폰 카메라로 여권의 MRZ 면을 촬영하면서 온라인으로 인식하기 위해 영상 이진화 및 잡음제거 단계, 문자 획 분리 결합을 통한 MRZ 라인 추출 단계, MRZ 기울기 보정 영역 추출 및 보정 영상 생성 단계 그리고 개별 문자 분할 및 인식 단계를 거쳐 마지막으로 체크 숫자를 이용해서 인식 결과가 올바른지 여부를 판단하는 검증 단계를 차례로 수행한다.

### III. 여권 MRZ 라인 문자 분할, 인식

온라인으로 연속 입력되는 여권의 MRZ 면에서 하나의 MRZ 라인을 추출하고 기울기가 보정된 영상을 생성한 다음 문자들을 분할해서 인식하는 과정을 거치고 체크 숫자를 이용하여 인식 결과를 검증하는 과정을 수행한다.

#### 3. 1 MRZ 라인 추출

입력 영상에서 세그먼트들을 연결 요소별로 레이블링하고 이들을 해석하여 일정한 크기 및 간격으로 44개가 수평으로 나열된 세그먼트들을 MRZ 라인으로 추출하는 과정을 <그림 3>에 나타내었다.



<그림 3> 여권 영상에서 MRZ 라인을 검출하는 과정

레이블 해석을 통한 MRZ 라인 추출을 위해서는

문자들이 분할 또는 접촉된 경우도 고려해서 레이블링 되어야 한다. <그림 3>에 입력된 여권 영상을 명도 영상으로 변환하고 적응적 이진화를 수행한 다음 레이블 해석 방식으로 MRZ 라인들을 추출하는 과정을 나타내었다.

<그림 3>에 보인 여권 영상의 MRZ 두 라인 검출을 위해서 다음과 같은 단계별 알고리즘이 실행된다.

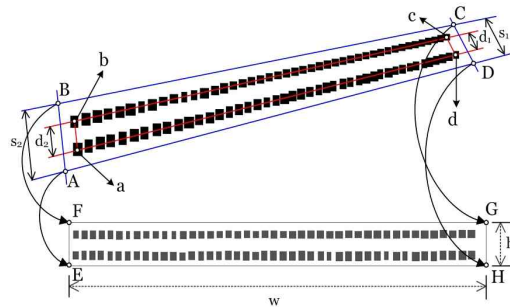
- 단계 1) 카메라로 촬영한 영상을 명도 레벨로 변환한다.
- 단계 2) 명도 영상을 적응적 이진화하고 연결 요소들을 레이블링(connected component labeling)한다.
- 단계 3) 레이블링된 세그먼트들의 위치와 크기를 해석하여 문자 후보가 아닌 잡음들을 제거한다.
- 단계 4) 세그먼트 분할 및 결합으로 문자를 완성하면서 문자들이 연속된 MRZ 후보 라인을 추출한다.
- 단계 5) 후보 라인 세그먼트들의 위치, 크기 및 개수를 검증한 다음 최종 MRZ 두 라인을 검출한다.

스마트 폰 카메라로 여권을 촬영하면 그림자 영향으로 문자 획들이 강조된 이진화가 어려울 수 있다. 그림자 영향을 제거하고 문자 획이 선명하게 강조된 흑백 영상을 생성하기 위해서 명도 영상에 잡음제거 필터링을 수행한 다음 적응적 이진화 알고리즘[12, 13]을 적용하였다. 명도 영상의 배경 잡음제거 필터로 적응적 선형 필터인 Wiener 필터를 사용하였다.

### 3.2 MRZ 영역 기울기 보정 및 문자 분할

MRZ의 두 라인을 검출한 다음 MRZ 영역을 추출

해서 기울기를 보정하고 크기를 정규화한 영상을 생성한 이후 개별 문자들을 분할해서 문자인식을 수행한다. MRZ 영역의 사각형 모서리 위치를 검출하고 기울기 보정 영상을 생성하는 원리를 <그림 4>에 보였다.



<그림 4> MRZ 영역 사각형 꼭짓점 위치 검출 및 기울기 보정 영상 생성 원리

<그림 4>와 같이 추출한 MRZ 두 라인으로 구성되는 사각형 a, b, c 및 d 꼭짓점 기준으로 기울기를 보정할 MRZ 영역의 꼭짓점 A, B, C 및 D를 구하고 기울기 보정 알고리즘을 적용하여 E, F, G 및 H의 꼭짓점을 갖는 MRZ 기울기 보정 영상을 생성한다. MRZ 영역의 사각형은  $d_1$  과  $d_2$ 의 비율에 비례해서 확장 영역의  $s_1$ 과  $s_2$ 의 길이를 결정하고 사각형 테두리를 외곽으로 이동시켜 교차점들인 A, B, C 및 D를 구한다. 원본 MRZ 영상의 꼭짓점 A, B, C 및 D 각각의 좌표를  $(x, y)$ 로 표현하고 가로  $w$  및 세로  $h$  크기의 기울기가 보정된 직사각형 영상의 꼭짓점 E, F, G 및 H 각각의 좌표를  $(x', y')$ 로 표현해서 아래 수식에 적용한다.

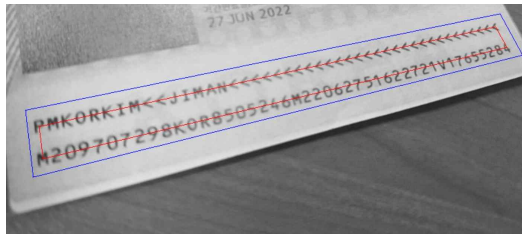
$$x' = a_0x + a_1y + a_2xy + a_3 \tag{1}$$

$$y' = b_0x + b_1y + b_2xy + b_3 \tag{2}$$

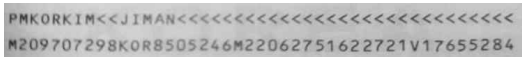
원본 영상과 보정 영상에 대응되는 4개의 꼭짓점 각각에 대해 식 (1) 및 (2)를 적용하면 8개의 방정식을

만들고 해를 구해서 8개의 상수 값을 알아낼 수 있기 때문에 두 사각형 사이의 대응점을 계산할 수 있다.

MRZ 영역 기울기 보정 알고리즘을 이용하여 실제 여권 영상에서 MRZ 사각형 영역을 구한 예를 그림 5(a)에 보였고 기울기를 보정하고 크기를 정규화 한 다음 개별 문자들을 분할 한 예를 그림 5(b) 및 5(c)에 나타내었다.



(a) MRZ 영역 기울기 보정을 위한 사각형 코너 검출



(b) 기울기 보정 및 크기 정규화



(c) 문자인식을 위한 MRZ 라인 문자 분할

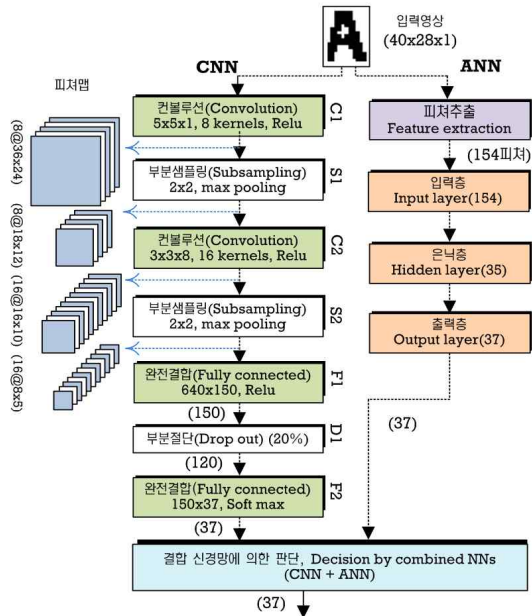
<그림 5> MRZ 영역 사각형 꼭짓점 추출한 다음 기울기를 보정하고 크기를 정규화해서 문자를 분할한 예

### 3.3 결합 신경망을 이용한 문자 인식

여권 MRZ 영상을 단일 채널 명도 영상으로 변환한 다음 문자들을 분할하여 40x28 픽셀 크기의 훈련 영상 셋을 만들고 CNN 및 ANN의 입력으로 하였다. 여권 MRZ 영역에는 영문, 숫자 및 필터문자 '<' 등 37개 클래스의 문자가 사용된다. <그림 6>은 본 논문에서 구현한 CNN 및 ANN 결합 신경망 인식기의 구조를 보인 것이다.

CNN은 2개의 컨볼루션층, 2개의 풀링층, 1개의 드롭아웃층 그리고 2개의 완전연결층으로 구성하였다.

C1 컨볼루션층은 5x5 크기의 1채널 필터 8개로 구성하였다. Relu activation 및 stride=1로 하고 padding은 적용하지 않았다. S1층에서는 2x2 크기의 max-pooling 연산을 수행한다. C2 컨볼루션층은 3x3 크기의 8채널 필터 16개로 구성하였다. 컨볼루션 연산을 위한 특성은 C1층과 동일하게 하였다. S2층에서도 2x2 크기의 max-pooling 연산을 수행한다. F1 완전결합층은 16개의 8x5크기 피쳐에 매칭되는 640개의 입력 뉴런과 150개의 출력 뉴런들을 연결하고 relu activation을 적용하였다. D1 드롭아웃층은 학습과정에서만 사용되며 F1층의 출력 뉴런들 중에서 랜덤하게 20%의 뉴런 신호들이 F2층으로 전달되지 않도록 한다. F2 완전결합층은 150개의 입력 뉴런과 37개의 출력 뉴런들을 연결하고 Softmax activation 및 Cross entropy 비용함수를 적용하였다.



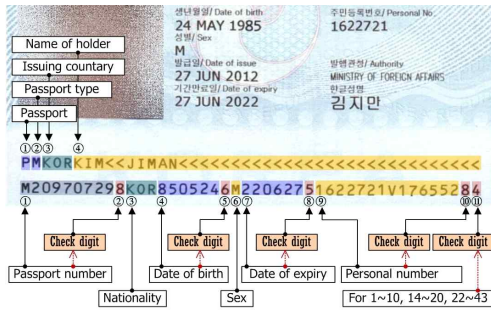
<그림 6> CNN과 ANN의 결합 신경망 문자 인식기 구조

ANN은 문자 영상에서 피쳐를 추출하는 모듈과 입력층, 은닉층 및 출력층의 3개 층으로 구성하였다.



피쳐추출 모듈에서는 문자 영상을 70개 영역으로 분할해서 문자 화소 분포를 구한 70개의 메쉬 피쳐, 세로 8개, 가로 11개 각 방향으로 스캔하면서 문자 획의 교차 횟수를 구한 19개의 교차 피쳐, 세로 9개, 가로 20개 각 방향으로 문자 픽셀 누적비율을 반영하는 29개 투영 피쳐, 9개 분할 영역에서 4종류의 모멘텀을 계산한 36개 모멘텀 피쳐 등 전체 154개의 피쳐를 구해서 입력층 뉴런으로 전달한다. ANN의 입력층은 피쳐 개수와 같이 154개의 뉴런으로 구성하고 은닉층 및 출력층은 각각 35개 및 37개의 뉴런을 갖도록 하였으며 에러 역전과 알고리즘을 이용하여 학습하였다.

결합 신경망 인식기에서는 CNN과 ANN 인식기 각각의 출력 값 37개를 서로 곱한 다음 최대 출력 값을 갖는 뉴런의 인덱스를 문자 인식 결과로 하였다. <그림 7>에 문자인식 대상인 MRZ 영역에 기록된 9개의 정보 항목들 각각의 위치, 길이 및 의미 그리고 5개의 체크 숫자들 각각의 위치 및 체크 대상을 나타내었다.



<그림 7> 가상의 여권에서 MRZ 라인 각 항목의 배치 정보

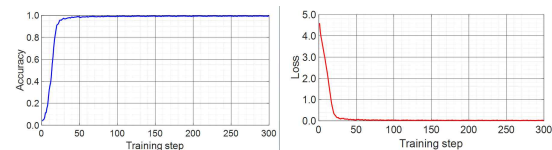
CNN과 ANN 결합 신경망 문자 인식기를 이용하여 <그림 7>에 도시한 9개의 정보 항목들과 체크 숫자들을 인식한다. 체크 숫자들은 MRZ 영역의 두 번째 라인 정보 항목들의 인식 결과를 검증하는데 이용된다. 결합 신경망 문자 인식기의 4개의 체크 숫자 인

식결과를 이용하여 4개 정보 항목들의 인식 결과를 검증하고 마지막 1개의 체크 숫자를 이용하여 두 번째 라인 전체 문자열의 인식 결과를 중복 검증한다.

#### IV. 실험 및 결과 고찰

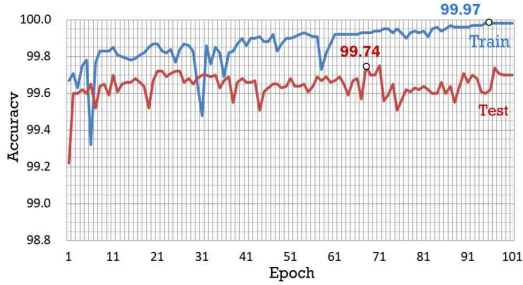
신경망 훈련용 문자 데이터 셋은 여행사 등에 고객이 제출한 여러 나라 여권 영상에서 추출한 문자 영상으로 구성하였다. 여권 영상의 MRZ 영역에 사용된 37개 각 문자 클래스별로 2,000개씩 추출하여 74,000개의 훈련용 문자 집합을 구성하고 별도로 500개씩 추출하여 18,500개의 검증용 문자 집합을 구성하였다. CNN과 ANN을 별도로 구현하고 동일한 훈련용 문자 집합을 이용하여 각각의 신경망을 훈련시킨 다음 두 신경망을 합쳐서 결합 신경망 인식기를 만들었다.

CNN의 경우 epoch=15회 동안 훈련용 문자 집합의 영상들을 무작위의 순서로 훈련시켰다. 배치 사이즈를 3,700으로 하여 1 epoch 훈련을 20회의 훈련 스텝으로 분할함으로써 15 epoch 동안 300 훈련 스텝으로 분할 훈련시켰다. CNN의 훈련에서 인식 성능 변화 추이와 손실함수는 <그림 8>과 같다. epoch=14회에서 정확도는 0.9967로 손실값은 0.013543으로 수렴하였다.



<그림 8> CNN 훈련에서 훈련용 데이터 정확도, 손실값 변화

역전과 알고리즘으로 ANN을 epoch=100회 동안 훈련시킨 결과 <그림 9>와 같이 훈련용 집합은 epoch=95에서 정확도 0.9997 그리고 테스트용 집합은 epoch=70에서 정확도 0.9974로 최적 해에 도달하였다.



<그림 9> ANN의 훈련에서 정확도 변화 그래프

<표 1> CNN, ANN 및 결합 신경망 문자 인식기 성능 비교

인식기	훈련 데이터(74,000)		테스트 데이터(18,500)	
	인식 개수	인식률	인식 개수	인식률
CNN	73,755	99.67%	18,378	99.34%
ANN	73,978	99.97%	18,452	99.74%
Combined	-	-	18,461	99.79%

CNN과 ANN 그리고 결합 신경망 인식기에 대해 훈련 및 테스트 데이터에 대한 인식 성능 비교 결과를 <표 1>에 나타내었다. 문자 고유의 특징을 입력 피쳐로 사용한 ANN이 CNN에 비해 학습 성능이 높았고 결합 신경망 인식기의 테스트 결과 단일 인식기에 비해 인식 성능이 증가하였다. 결합 신경망 문자 인식기의 테스트용 문자 집합에 대한 각 클래스별 인식 성능 및 에러 분포를 그림 10에 도시하였다.

결합 신경망 인식기의 테스트용 문자 집합에 대한 인식 성능평가 결과 99.79%의 인식 정확도를 보였으며 분류 클래스별로는 숫자 0이 영문 O으로 오인식 되는 경우가 많았다.

PC 오프라인 모드에서 여권 인식 솔루션을 구현하고 여권유형, 이름, 여권번호, 국적, 생년월일, 성별 및 여권만료일 등의 인식 결과들과 5개 체크 숫자의 검증 결과를 출력하였다. 오프라인으로 수집된 여러 나라의 여권 영상 데이터에 대한 MRZ 라인의 추출 성능 및 MRZ 항목 인식 결과의 체크 숫자 검증 성공 비율을 <표 2>에 보였다.

실험결과 2,375개의 상용 여권 영상 데이터 집합에

REC	ERR	[ 0]	[ 1]	[ 4]	[ A]	[ B]	[ D]	[ I]	[ M]	[ O]	[ T]	[ U]	[ Z]
[0]	96.00% (20)	480	0	0	0	0	1	0	0	15	0	4	0
[1]	99.60% (2)	0	498	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
[2]	99.80% (1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
[3]	99.60% (2)	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
[4]	100.00% (0)	0	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[5]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[6]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[7]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[8]	99.80% (1)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
[9]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[A]	100.00% (0)	0	0	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0
[B]	100.00% (0)	0	0	0	0	500	0	0	0	0	0	0	0
[C]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[D]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	500	0	0	0	0	0	0
[E]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[F]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[G]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[H]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[I]	99.40% (3)	0	3	0	0	0	0	497	0	0	0	0	0
[J]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[K]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[L]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[M]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	500	0	0	0	0
[N]	99.60% (2)	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
[O]	98.40% (8)	8	0	0	0	0	0	0	0	492	0	0	0
[P]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[Q]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[R]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[S]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[T]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	0	0
[U]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	0
[V]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[W]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[X]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[Y]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[Z]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500
[=]	100.00% (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<그림 10> 결합 신경망 인식기에서 37개 클래스 각각 500개 테스트 문자 영상에 대한 인식 성능 및 에러 분포

<표 2> 여권 MRZ 라인 추출 및 인식된 문자열의 체크 숫자 검증 실험 결과

실험 데이터 종류	영상 개수	MRZ 라인 추출		체크 숫자 검증	
		성공	비율	성공	비율
상용 여권 영상	2,375	2,292	96.5%	2,273	95.7%

대해 95.7%의 여권 영상을 정확하게 인식할 수 있었다.

여러 나라의 여권 영상을 대상으로 MRZ 라인 문자열 분할 결과와 각 정보 항목의 인식 결과 그리고 체크 숫자 검증 결과를 출력한 예를 <그림 11>에 보였다.

CNN 및 ANN 결합 신경망 인식기를 이용한 여권 인식 솔루션을 안드로이드 갤럭시 노트 8에 구현하고 인식 속도를 추정하는 실험을 수행하였다. 스마트폰에서는 라이브 스트림으로 입력되는 영상을 온라인 모드로 인식하거나 카메라 셔터 버튼을 이용하여 촬



(a) 한국 (b) 미국



(c) 캐나다 (d) 대만

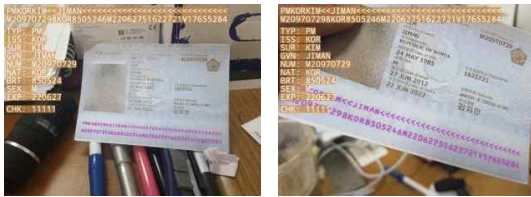


(e) 호주 (f) 말레이시아

<그림 11> 여러 나라의 샘플 여권 영상에서 여권 MRZ 정보 문자열을 추출하고 인식한 예



(a) 정상 촬영 (b) 상하 기울어짐



(c) 원거리 촬영 (d) 좌우 기울어짐

<그림 12> 가상으로 제작한 여권을 스마트 폰 카메라로 촬영하면서 온라인으로 인식한 예

영한 영상을 오프라인 모드로 인식할 수 있다. 스마트 폰 카메라를 이용하여 라이브 스트림으로 입력되

는 여권 영상에 대한 인식 실험을 수행한 결과 1024 x 768 크기의 컬러 영상 한 프레임당 0.11초의 속도로 인식할 있어서 실시간 인식에도 적용할 수 있음을 보였다.

<그림 12>에 스마트 폰 카메라를 이용하여 다양한 방식으로 촬영한 여권 영상을 온라인으로 인식한 예를 나타내었다. 기울어지거나 원거리에서 촬영한 여권 영상들도 인식할 수 있음을 확인하였다.

## V. 결론

본 논문에서는 여권 전용 인식기와는 다르게 다양한 환경에서 촬영된 여권 영상들에 대해 CNN과 ANN을 합친 결합 신경망을 이용하여 여권 MRZ 정보를 효율적으로 인식할 수 있는 방안을 제안하였다. 먼저 크기와 기울기가 다양한 여권 영상에서 MRZ 정보 영역을 강건하게 추출할 수 있는 연결 요소 해석 알고리즘을 구현하고 CNN과 ANN 결합 신경망 인식기를 이용하여 문자 영상의 형태가 일부 변형이 되더라도 고성능으로 인식할 수 있는 여권 MRZ 문자열 인식 알고리즘을 구현한 다음 여권 인식 실험을 수행하였다.

결합 신경망 인식기를 이용하여 여권 영상 MRZ 문자열의 37개 문자 클래스 종류별로 수집한 18,500 개의 테스트 문자 집합에 대해 99.79%의 인식률을 얻을 수 있었다. 여러 나라의 상용 여권 영상 샘플들에 대해서도 95.7%의 인식률을 얻을 수 있었다. 제안한 여권 인식 솔루션을 스마트폰에 구현하고 온라인 실시간 인식 모드에도 적용할 수 있음을 확인하였다. 향후 여권 MRZ 형식과는 다른 신분 증명용 MRZ 형식의 정보를 인식하기 위한 연구들이 계속되어야 할 것으로 보인다.



참고문헌

- [1] K.B. Kim, S. Kim, "A passport recognition and face verification using enhanced fuzzy ART based RBF network and PCA algorithm," Neurocomputing, Vol.71, 2008, pp.3202-3210.
- [2] Y.B. Kwon and J.H. Kim, "Recognition based verification for the machine readable travel documents," in Int'l Workshop on Graphics Recognition, Curitiba, Brazil. Citeseer, 2007.
- [3] H.J. Lee and N.J. Kwak, "Character Recognition for the Machine Readable Zone of Electronic Identity Cards," Int'l Conf. on Image Processing, 2015, pp.387-391.
- [4] Y. Amirgaliyev and R. Yunussov, "Pattern recognition systems in the problems of automatic person identification using the passport data," Computer Modelling & New Technologies, Vol. 19, 2015, pp.27-30.
- [5] ICAO, Machine Readable Travel Documents, 2015.
- [6] A. Hartl, C. Arth and D. Schmalstieg, "Real-time detection and recognition of machine-readable zones with mobile devices," Proc. of the Int'l Conf. on Computer Vision Theory and Applications, 2016.
- [7] O. Petrova and K. Bulatov, "Methods of machine-readable zone recognition results post-processing," Int'l Conf. on Machine Vision, Germany, 2018.
- [8] G. Sarker and S. Ghosh, "A Convolutional Neural Network for Optical Character Recognition and Subsequent Machine Translation," Int'l J. of Computer Application, Vol. 182, No. 30, 2018, pp.23-27.
- [9] T. Liu, S. Fang, Y. Y. Zhao, and J. Zhang, "Implementation of training convolutional neural networks," arXiv:1506.01195, 2015.
- [10] 임상현, 이명숙, "딥 러닝 기반의 악성흑색종 분류를 위한 컴퓨터 보조진단 알고리즘," (사)디지털산업정보학회 논문지, 제14권, 제4호, 2018, pp.69-77.
- [11] 최병관, "인공지능 객체인식에 관한 파라미터 측정 연구," (사)디지털산업정보학회 논문지, 제15권, 제3호, 2019, pp.15-28.
- [12] B. Gato, I. Pratikakis and S. Perantonis, "Adaptive Degraded Document Image Binarization," Pattern Recognition, Vol. 39, 2006, pp.317-327.
- [13] J. Wen, S. Li and J. Sun, "A New Binarization Method for Non-uniform Illuminated Document Images," Pattern Recognition, Vol. 46, 2013, pp.1670-1690.

■ 저자소개 ■



김진호  
Kim, Jin Ho

1992년 3월~현재  
경일대학교 전자공학과 교수  
1992년 2월 경북대학교 전자공학과(공학박사)  
1988년 2월 경북대학교 전자공학과(공학석사)  
1985년 8월 경북대학교 전자공학과(공학사)  
관심분야 : 인공지능, 패턴인식, 문자인식  
E-mail : anyface2009@gmail.com

논문접수일 : 2019년 11월 26일  
수정일 : 2019년 12월 20일  
게재확정일 : 2019년 12월 23일