

ART2 기반 RBF 네트워크와 얼굴 인증을 이용한 주민등록증 인식

김광백
신라대학교 컴퓨터공학과
(gbkim@silla.ac.kr)

김영주
신라대학교 컴퓨터공학과
(yjkim@silla.ac.kr)

우리나라의 주민등록증은 주소지, 주민등록번호, 얼굴사진, 지문 등 개인의 다양한 정보를 가진다. 현재의 플라스틱형 주민등록증은 위조 및 변조가 쉽고 그 수법이 날로 전문화 되어가고 있다. 따라서 육안으로 위조 및 변조 사실을 쉽게 확인하기가 어려워 사회적으로 문제를 일으키고 있다. 이에 본 논문에서는 개선된 ART2 기반 RBF 네트워크에 이용한 주민등록번호 인식과 얼굴 인증을 통한 주민등록증 자동 인식 방법을 제안한다. 제안된 방법은 주민등록증 영상으로부터 주민등록번호와 발행일을 추출하기 위하여 주민등록증 영상에 소벨 마스크와 미디어ン 필터링을 적용한 후에 수평 스미어링을 적용하여 주민등록번호와 발행일 영역을 추출한다. 그리고 원영상에 대해 고주파 필터링을 적용하여 영상 전체를 이진화하고, 이진화된 영상에 CDM마스크를 적용하여 주민등록번호와 발행일 코드를 복원한 다음, 검출된 각 영역에 대해 4-방향 윤곽선 추적 알고리즘을 적용하여 개별 문자를 추출한다. 추출된 주민등록번호 등의 개별 문자를 인식하기 위해 개선된 ART2 기반 RBF 네트워크를 제안하고 인식에 적용한다. 제안된 ART2 기반 RBF 네트워크는 학습 성능을 개선하기 위하여 중간층과 출력층의 학습에 퍼지 제어 기법을 적용하여 학습률을 동적으로 조정한다. 얼굴 인증은 템플릿 매칭 알고리즘을 이용하여 얼굴 템플릿 데이터베이스를 구축하고 주민등록증에서 추출된 얼굴 영역과의 유사도를 측정하여 주민등록증 얼굴 영역의 위조여부를 판별한다.

제안된 주민등록증 인식 방법의 성능을 평가 하기 위해 원본 주민등록증 영상에 대해 얼굴 영역 위조, 노이즈 추가, 대비 증감, 밝기 증감 그리고 영상 흐리기 등의 변형된 영상들을 생성하여 실험한 결과, 제안된 방법이 주민등록번호 인식 및 얼굴 인증에 있어서 우수한 성능이 있음을 확인하였다.

논문접수일 : 2005년 5월

게재확정일 : 2006년 2월

교신저자 : 김광백

1. 서론

오늘날 우리가 살아가면서 많은 부분에서 자신의 신분을 증명해야 하는 경우가 생긴다. 예를 들어 각종 민원처리나, 금융서비스 및 병원 이용, 통신기기 가입등 여러 방면에서 신분증을 요구한다. 우리 나라에서는 국민의 정보를 관리하기 위해 국가 신분 제도를 채택하여 성인이 되면 반드시 주

민등록증을 발급해야 한다. 대한민국의 주민등록증은 외국의 일련번호만 부여하는 신분증과는 달리 주민등록번호, 주소지, 지문 등 개인의 많은 정보를 보유한다. 특히 주민등록번호는 생년월일, 성별, 출생지역을 표시하고 있어, 주민등록번호만으로도 그 사람의 정보를 어느 정도 얻을 수 있다. 현재 사용되고 있는 플라스틱형 주민등록증은 아세톤을 사용해 기재 사항을 변경하거나 코팅을 벗

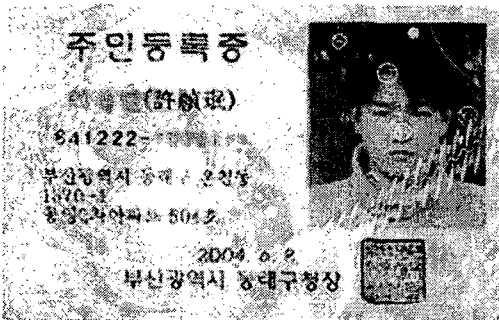
기는 등 위 변조가 쉽고 날로 전문화 되어가고 있고, 육안으로 위조 및 변조 사실을 쉽게 확인하기가 어려워 사회적 문제가 되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 주민등록증의 사진, 지문 등을 인식, 행정부 데이터베이스와 비교해 위조 여부를 판별할 수 있도록 개인 신분 확인 체계를 전산화하고 있다.

본 논문에서는 이러한 요구에 따라 ART2 기반 RBF네트워크 알고리즘을 이용하여 주민등록번호와 발행일을 인식하고 템플릿 매칭 알고리즘을 이용하여 주민등록증에서 추출된 얼굴 영역과 얼굴 템플릿 데이터베이스에 구축된 얼굴 영역과의 유사도를 측정하여 주민등록증 얼굴 영역의 위조 여부를 판별할 수 있는 주민등록증 자동 인식 방법을 제안한다.

2. 주민등록증 코드 추출 및 영상 개선

2.1 주민등록번호와 발행일 영역 검출

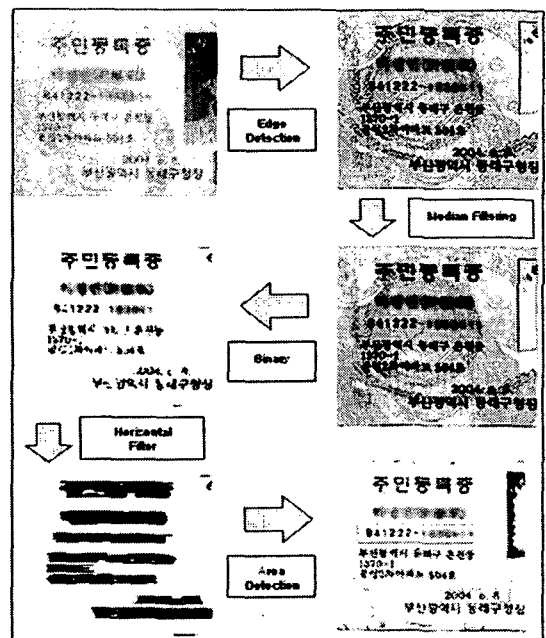
주민등록증은 [그림 1]과 같이 사진, 이름, 주민등록번호, 주소, 발행일, 주민등록기관 등으로 구성되어 있고, 주민등록번호는 왼쪽, 발행일은 중



[그림 1] 주민등록증 원본영상

앙, 사진은 오른쪽에 위치해 있다. 주민등록번호와 발행일 영역 검출을 위한 전처리 단계에서 주민등록증의 대략적인 위치 정보를 이용하여 사진 영역 등 불필요한 영역을 제외 시킴으로써 실행속도를 향상시킬 수 있다.

본 논문에서는 인식에 필요한 주민등록번호와 발행일 영역을 검출하기 위해 먼저 입력 받은 영상을 그레이 영상으로 변환한 뒤 소벨 마스크를 적용하여 에지를 검출한 후에 주민등록증에서 적용되는 홀로그램을 잡음으로 간주하여 제거하고 개별 코드 부분의 에지를 상세하게 보존하기 위하여 미디언 필터링을 적용한다. 그리고 주민등록증 영상을 P-타일법(단순임계치) 이진화 방법으로 이진화 시킨 다음에 수평 방향으로 스미어링하여 주민등록번호와 발행일 영역을 검출한다. 인식에 필요한 영역의 검출과정은 [그림 2]와 같다.



[그림 2] 주민등록번호와 발행일 영역 검출

2.2 고주파 통과 필터를 통한 영상 이진화

4-방향 윤곽선 추적 알고리즘을 이용하여 개별 코드를 추출하기 위한 전 단계로 영상 전체에 고주파 통과 필터를 적용하여 이진화한다. 주파수 공간에는 고주파와 저주파가 존재하고 각각의 필터를 통해 고주파 성분과 저주파 성분을 분리해 낼 수 있다. 고주파 성분은 영상에서의 명도 값의 갑작스러운 변화가 일어나는 윤곽선에 많이 분포하고, 저주파 성분은 영상의 평탄한 영역에 대한 전반적인 명암도에 많이 분포한다[1]. 본 논문에서는 윤곽선 정보가 많은 고주파 성분을 추출하기 위해 고주파 통과 필터를 통하여 주민등록증 영상을 이진화 한다. 고주파 통과 필터 수식은 다음과 같다.

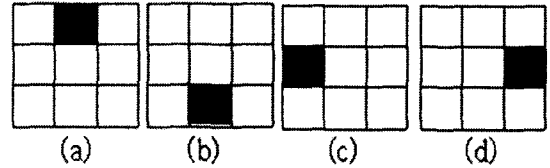
$$H(u,v) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D(u,v)}{D_0} \right]^{2n}} \quad (1)$$

여기서, $D(u,v) = \sqrt{(u^2 + v^2)}$ (2)

2.3 CDM 마스크를 이용한 영상 개선

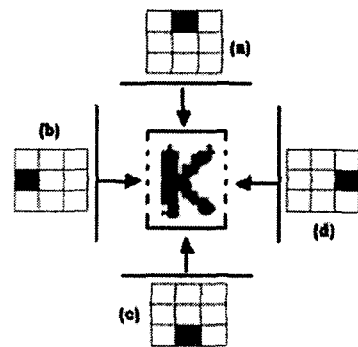
이진화된 주민등록증 영상에서 개별 코드 문자들을 복원하기 위하여 CDM 마스크를 적용한다. [그림 3]은 본 논문에서 적용하는 CDM 마스크이다[2]. 첫 번째 단계는 [그림 3]의 (a)를 이용하여 top-down 방식으로 수평 방향으로 내부로 수렴하여 문자 정보에 도달하면 bounding box의 상단 수평 성분을 복원한다. 두 번째 단계는 left-right 방식으로 왼쪽 수직 성분 복원, 세 번째 단계는 bottom-up 방식으로 하단에서부터 문자 수평 성분 복원, 네 번째 단계는 right-left 방식으로 오른

쪽에서부터 문자 수직 성분 복원하는 단계로 이루어진다.



[그림 3] CDM 마스크

CDM 마스크는 최외각의 픽셀 중 수직 성분에만 적용되는 픽셀의 개수가 3x3 마스크당 한 픽셀에만 관련하기 때문에 150 dpi의 낮은 해상도로 스캔된 영상에서도 효과적으로 복원이 가능하다. [그림 4]는 CDM 마스크의 적용 형태로 상, 하, 좌, 우 방향으로 수렴하는 과정을 보여준다.

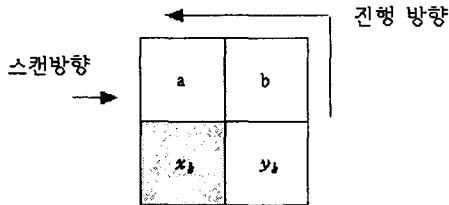


[그림 4] CDM Mask의 적용 형태

2.4 개별 코드 추출

CDM 마스크를 이용하여 개선된 이진화 영상에서 관심 영역인 주민등록번호와 발행일 영역에 [그림 5]와 같은 2x2 마스크를 적용하여 주민등록번호 코드와 발행일 코드를 각각 추적한다. 윤곽선 추적은 이진화된 영상에서 경계 픽셀을 만나

기 전까지는 왼쪽에서 오른쪽으로, 위쪽에서 아래 쪽으로 스캔한다.



[그림 5] 윤곽선 추적을 위한 2x2 마스크

[그림 5]는 4-방향 윤곽선 추적에 사용된 마스크로서 경계 픽셀을 만나면 시작점으로 선택하여 마스크를 x_k 에 위치시키고 a 와 b 에 대응하는 두 픽셀을 고려하여 마스크의 진행 방향을 <표 1>과 같이 결정하고 x_k 가 지나간 픽셀을 윤곽선으로 설정한다[3]. 따라서 개선된 이진화 영상에 4-방향 윤곽선 추적 기법을 적용하여 각각의 직사각형 형태의 영역을 찾고, 수평 및 수직 비율을 고려하여 주민등록번호와 발행일을 추출한다. 추출된 각각의 개별 코드는 [그림 6]과 같다.

<표 1> 2x2 마스크에 의한 a와 b의 진행방향

| | 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 |



[그림 6] 추출된 주민등록번호와 발행일

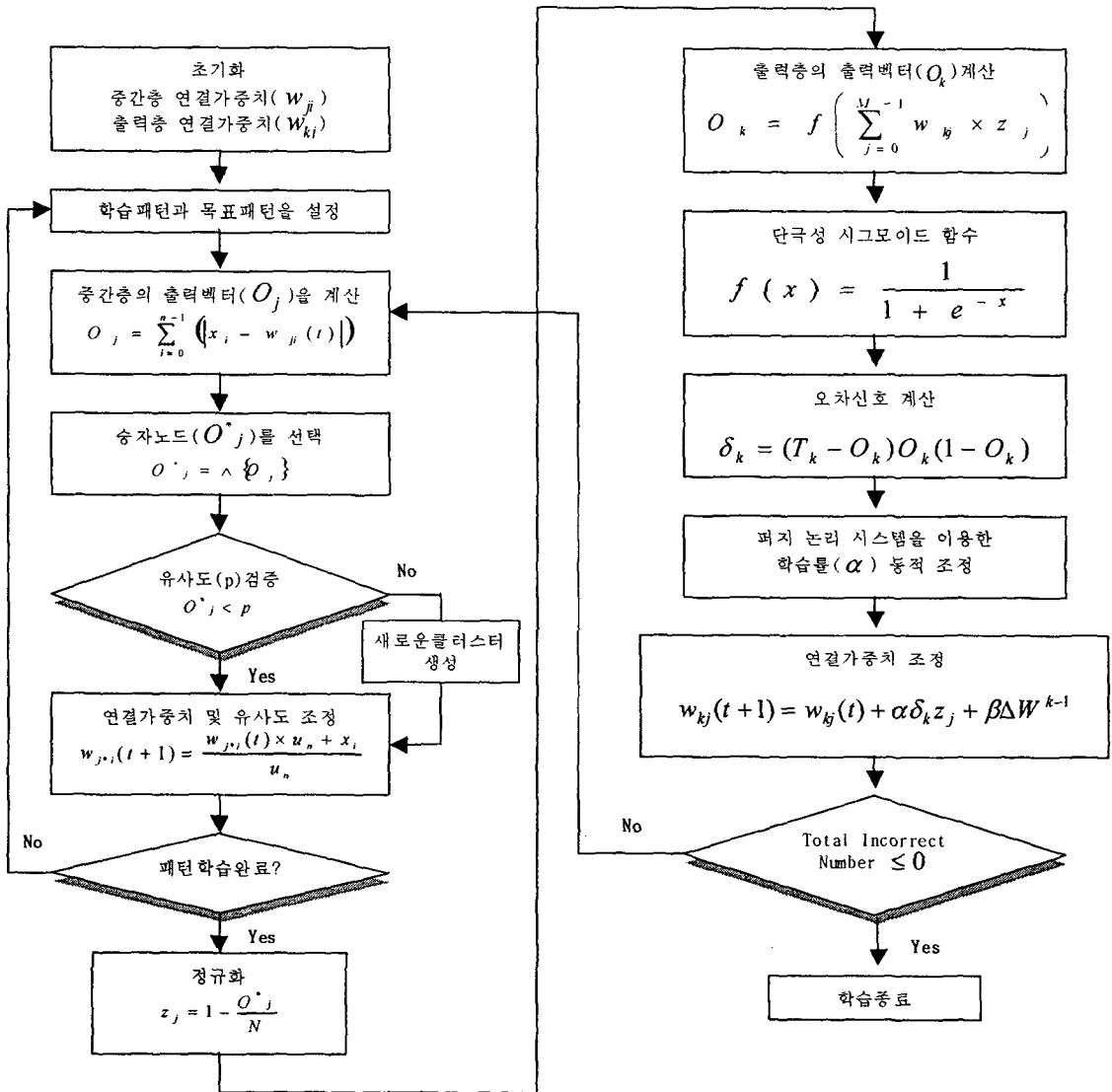
3. 개선된 ART2 기반 RBF 네트워크를 이용한 개별 코드 학습

본 논문에서는 주민등록번호와 발행일 영역에서 추출된 개별 코드를 개선된 ART2기반 RBF네트워크 학습 알고리즘을 사용하여 인식한다. 기존의 ART2기반 RBF 네트워크에서는 중간층과 출력층 학습에 학습률을 정적으로 사용함으로써 오류값의 변화가 적어 학습 시간이 많이 소요되는 문제점이 있다[4]. 본 논문에서는 이러한 기존 ART2기반 RBF 네트워크의 문제점을 개선하기 위하여 ART2 알고리즘을 RBF 네트워크의 중간층으로 적용하고 중간층과 출력층의 학습에 퍼지 논리 시스템을 이용하여 학습률을 동적으로 조정하는 개선된 학습 알고리즘을 제안한다. ART2 알고리즘을 기반으로 한 RBF 네트워크의 학습 과정은 크게 두 단계로 구분된다. 첫번째 단계에서는 입력층과 중간층 사이의 학습 구조로 경쟁 학습이 적용되고, 중간층과 출력층 사이에는 지도 학습으로 수행된다[5,6]. 개선된 ART2기반 RGB네트워크 학습 알고리즘은 [그림 7]과 같다.

3.1 퍼지 논리 시스템을 이용한 학습률 동적 조정

출력층에서 사용되는 학습률은 제안된 퍼지 논리 시스템에 의해 동적으로 조정된다. 각 패턴에 대한 출력층의 실제 출력값과 목표값의 차이의 절대값이 임의의 값보다 적거나 같은 경우에는 정확성으로 분류하고 큰 경우에는 부정확성으로 분류하여 퍼지 논리 시스템의 입력으로 사용한다[7]. 퍼지 논리 시스템을 이용한 학습률의 조정식은 다음과 같다.

$$\alpha = \text{Fuzzy}(\text{Correct}, \text{Incorrect}) \quad (3)$$



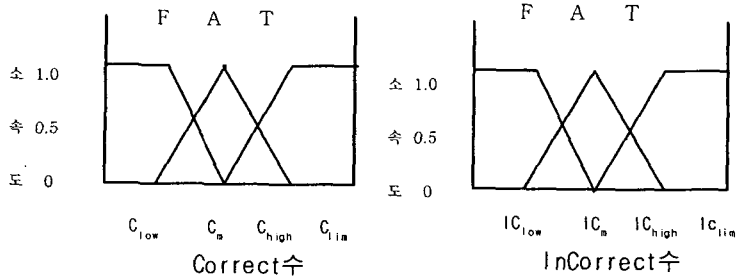
[그림 7] 개선된 ART2기반 RBF 네트워크 학습 알고리즘

제안된 방법에서 정확성과 부정확성의 소속 함수는 [그림 8]과 같고, 그림에서 제시된 정확성의 소속 함수 구간 C_{low} , C_{high} 는 각각 식(4)와 식(5)와 같이 계산 된다.

$$C_{low} = \log_2(\text{입력노드수} + \text{패턴수}) \quad (4)$$

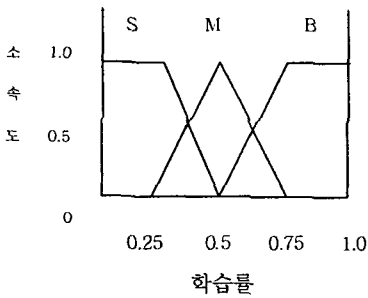
$$C_{high} = C_{lim} - C_{low} \quad (5)$$

여기서 C_{lim} 은 정확성의 한계치를 의미한다.



[그림 8] 정확성과 부정확성의 소속 함수

학습에 적용될 학습률을 계산하는 출력 소속함수는 [그림 9]와 같다.



[그림 9] 학습률 출력 소속 함수

제한된 방법에서 퍼지 제어 규칙을 if - then 형식의 퍼지 관계로 표현하면 다음과 같다.

- R1: If correct is F, incorrect F Then α is B
- R2: If correct is F, incorrect A Then α is B
- R3: If correct is F, incorrect T Then α is B
- R4: If correct is A, incorrect F Then α is M
- R5: If correct is A, incorrect A Then α is M
- R6: If correct is A, incorrect T Then α is M
- R7: If correct is T, incorrect F Then α is S
- R8: If correct is T, incorrect A Then α is S
- R9: If correct is T, incorrect T Then α is S

정확성과 부정확성이 퍼지 논리 시스템의 입력 값으로 정해지면 각 소속 함수에 대한 정확성과 부정확성의 소속도를 구한다. 각 소속 함수에 대하여 소속도가 구해지면 퍼지 제어 규칙을 적용하고 Max_Min 방법으로 추론한다. 퍼지 추론 후에는 비퍼지화 하여 학습에 사용될 학습률을 구한다. 비퍼지화는 무게 중심법을 사용하는데 식은 다음과 같다.

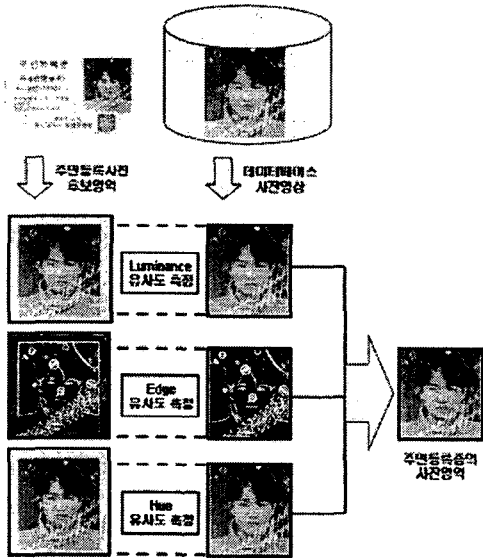
$$\alpha = \frac{\sum \mu(y)y}{\sum y} \quad (6)$$

4. 템플릿 매칭을 이용한 얼굴 인증

본 논문에서는 주민등록증의 위·변조 판별을 보다 정확하고 신뢰성 있게 하기 위해서 주민등록증 사진 부분과 얼굴 영역을 템플릿 매칭 알고리즘[8]을 이용하여 위조 유무를 판별한다. 주민등록증 사진 전체에 대한 이미지 매칭과 더불어 얼굴 안면 부분에 대한 매칭을 수행할 경우 불법적으로 얼굴 부분만 합성하여 위조한 불법 주민등록증에 대한 검출도 가능하게 된다.

4.1 주민등록증 사진 영역 검출

주민등록증 영상에서 사진의 위치는 주민등록증 우측을 기준으로 상대적인 거리로 추측할 수 있다. 이에 대략적인 사진영역 위치를 후보 영역으로 설정하고 데이터베이스로부터 가져온 사진 영상과 가장 일치하는 부분을 사진 영역으로 추출한다. 주민등록증의 사진 추출 과정은 [그림 10]과 같다.

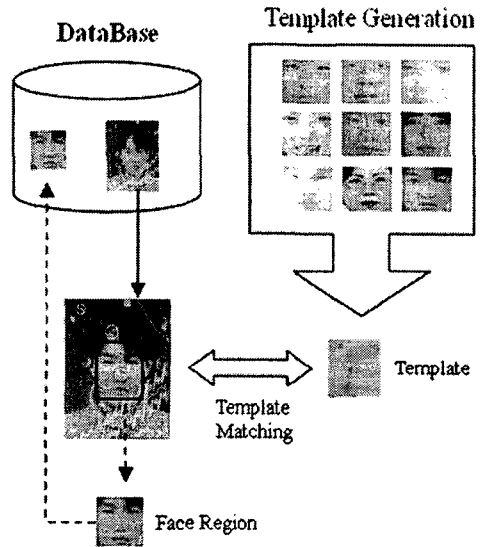


[그림 10] 주민등록증의 사진영역 추출

4.2 얼굴 템플릿 이미지 데이터베이스 구축

우선 다수의 주민등록증 사진에서 얼굴 안면 부분을 잘라내어 이를 평균한 이미지로 얼굴 템플릿을 구성한다. 그리고, 얼굴 템플릿과 주민등록증 사진 이미지를 매칭시켜 가장 유사도가 높은 영역을 주민등록증 소지자의 얼굴 템플릿 이미지로 결정하고 주민등록증 데이터베이스에 추가한다. 이런 과정을 통해 주민등록증 사진 이미지와

함께 주민등록증 소지자의 얼굴 안면 이미지도 주민등록증 데이터베이스에 존재하게 되고, 이 두 개의 이미지 정보를 이용하여 얼굴 안면에 대한 유사도 검정이 가능하게 된다. 얼굴 템플릿에 대한 데이터베이스 구축 과정은 [그림 11]과 같다.



[그림 11] 얼굴 템플릿 데이터베이스 구축

4.3 템플릿 매칭을 통한 얼굴 인증

기존의 주민등록증 데이터베이스에 얼굴 이미지가 포함되면 이를 이용하여 얼굴 인증을 수행한다. 주민등록증 데이터베이스에 저장되어 있는 주민등록증 소지자의 얼굴 템플릿을 비교하여 가장 유사한 영역을 얼굴 영역으로 설정하고 이때의 유사도가 일정 임계치(threshold) 이상이면 주민등록증 데이터베이스에 있는 얼굴과 동일한 얼굴로 그렇지 않으면 얼굴 합성 등에 의해 위·변조 되었을 가능성이 있는 주민등록증으로 판별한다. 본 논문에서는 식 (7)과 같은 상관계수를 적용하여 유사도를 판단한다.

$$r = \frac{a \cdot b}{|a| \cdot |b|} \quad (7)$$

주민등록증 사진 인증 시스템은 주민등록증 소지자에 대한 인증 과정을 주민등록증에 부착된 사진과 주민등록증 데이터베이스에 저장된 사진과의 유사도(picture similarity)와 더불어 얼굴 안면 영역에 대한 유사도(face similarity)를 종합 분석하여 수행한다. 처리 속도의 향상과 인증의 신뢰성 등을 고려하여, 사진 영역의 인증을 위해서 사진 위조본에 위조 변별력이 뛰어난 Luminance, Edge, RGB 3개의 특징만을 선택하고 얼굴 영역의 인증은 얼굴 위조본에서 위조 판별력이 뛰어난 Hue, YIQ-I, YCbCr-Cb 3개의 특징을 사용하여 얼굴 인증에 적용한다.

5. 실험 및 성능 분석

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 분석하기 위하여 Intel Pentium-IV 2GHz CPU와 256MB RAM이 장착된 IBM 호환 PC상에서 VC++ 6.0으로 실험하였다. 주민등록번호와 발행일 코드 인식 실험에서는 주민등록증 28장 중에서 주민등록번호와 발행일 코드의 특징이 명확한 대표 코드만 학습에 사용하였으며, 얼굴 인증의 성능 평가를 위하여 주민등록증 원본 영상 10장, 사진 부분만 위조한 영상 10장 그리고 얼굴 부분만 위조한 영상 10장을 각각 생성하여 실험에 적용하였다. 또한, 주민등록증 영상의 획득 환경 및 실험 환경의 다양한 변형에 대한 적응성을 검증하기 위해 10장의 주민등록증 원본 영상에 대해서 각각 노이즈 추가, 대비 증가, 대비 감소, 밝기 증가, 밝기 감소, 영상 흐리기 등의 영상 변형을 적용하여 총 70장의 주민등록증 영상을 실험에 적용하였다.

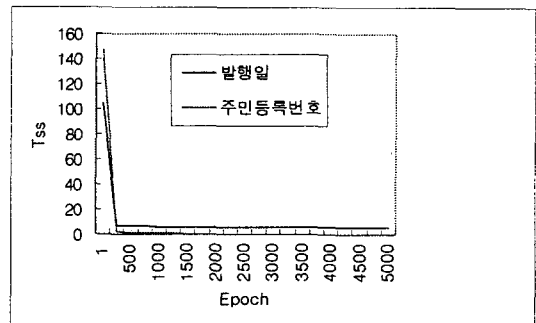
5.1 주민등록번호와 발행일 코드 학습 결과

개선된 ART2기반 RBF 네트워크의 성능을 분석하기 위해 28장의 주민등록증 영상에서 추출된 주민등록번호 코드 364개와 발행일 코드 168개 중에서 특징이 명확한 주민등록번호 코드 120개와 발행일 코드 80개만 학습에 적용하였다. 주민등록번호의 경계 변수와 발행일의 경계 변수는 각각 0.05와 0.09로 설정하고, 출력층의 노드 갯수를 5개, 중간층과 출력층의 학습률은 퍼지 논리 시스템을 이용하여 동적으로 조정하여 실험하였다. 제안된 ART2기반 RBF네트워크에 대한 학습 결과는 <표 2>와 같다.

<표 2> 개별코드에 대한 학습 결과

| | 주민등록번호 | 발행일 |
|---------|--------|-----|
| 중간층 노드수 | 93 | 52 |
| 개별코드 | 364 | 168 |
| 인식갯수 | 364 | 168 |

<표 2>에서 알 수 있듯이 제안된 ART2기반 RBF네트워크가 주민등록증 번호와 발행일 학습에 있어서 우수한 성능이 있음을 알 수 있다. 그리고 [그림 12]는 제안된 RBF 네트워크의 Epoch수에 따른 TSS변화량을 나타내었다.



[그림 12] Epoch 수에 따른 TSS변화량

5.2 주민등록 번호와 발행일 코드 인식 실험

원본 주민등록증 영상 및 변형된 영상을 합친 70장의 주민등록증 영상에 대해 인식 실험을 실행하고, 그 결과로 나온 주민등록번호와 발행일 인식률은 각각 <표 3>과 <표 4>와 같다.

인식 실험에서 주민등록 번호와 발행일의 코드가 하나라도 틀리면 오류가 있는 것으로 판단하였다. <표 3>과 <표 4>와 같이 기존의 반복 이진화만 적용했을 경우 원본 영상에 대해 주민등록번호

91%, 발행일 95%가 인식되었지만 변형된 영상을 포함할 경우에는 각각 93%와 87%로 나왔다. 여기서 주민등록번호의 인식률이 변형을 가했을 경우 오히려 증가한 것은 원본 영상에 변형을 가할 때 반복이진화 알고리즘이 오히려 원본 영상보다 이진화가 잘된 것으로 판단할 수 있다. 하지만 고주파 필터만 사용했을 경우의 인식률은 각각 99%와 94%로 고주파 필터 이진화 방법이 반복이진화 방법보다 우수한 것으로 확인되었다. 그리고 고주파

<표 3> 주민등록번호 인식 결과

| 이미지 변형 | 반복 이진화 | | | 고주파 필터 | | | 고주파 필터 + 영상 개선 | | |
|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|----------------|--------|---------|
| | 인식 (개) | 오류 (개) | 인식률 (%) | 인식 (개) | 오류 (개) | 인식률 (%) | 인식 (개) | 오류 (개) | 인식률 (%) |
| 원 본 | 119 | 11 | 91 | 130 | 0 | 100 | 130 | 0 | 100 |
| 노이즈추가 | 124 | 6 | 95 | 127 | 4 | 97 | 130 | 0 | 100 |
| 대비 증가 | 120 | 10 | 92 | 129 | 1 | 99 | 130 | 0 | 100 |
| 대비 감소 | 119 | 11 | 91 | 130 | 0 | 100 | 130 | 0 | 100 |
| 밝기 증가 | 122 | 8 | 93 | 130 | 0 | 100 | 130 | 0 | 100 |
| 밝기 감소 | 120 | 10 | 92 | 130 | 0 | 100 | 130 | 0 | 100 |
| 흐 리 기 | 123 | 7 | 94 | 128 | 2 | 98 | 130 | 0 | 100 |
| 전 체 | 847 | 63 | 93 | 904 | 7 | 99 | 910 | 0 | 100 |

<표 4> 발행일 인식 결과

| | 반복 이진화 | | | 고주파 필터 | | | 고주파 필터 + 영상 개선 | | |
|-------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|----------------|--------|---------|
| | 인식 (개) | 오류 (개) | 인식률 (%) | 인식 (개) | 오류 (개) | 인식률 (%) | 인식 (개) | 오류 (개) | 인식률 (%) |
| 원 본 | 64 | 3 | 95 | 67 | 0 | 100 | 67 | 0 | 100 |
| 노이즈추가 | 56 | 11 | 83 | 47 | 20 | 70 | 67 | 0 | 100 |
| 대비 증가 | 54 | 13 | 80 | 64 | 3 | 95 | 67 | 0 | 100 |
| 대비 감소 | 63 | 4 | 94 | 64 | 3 | 95 | 67 | 0 | 100 |
| 밝기 증가 | 48 | 19 | 71 | 66 | 1 | 99 | 67 | 0 | 100 |
| 밝기 감소 | 65 | 2 | 97 | 67 | 0 | 100 | 67 | 0 | 100 |
| 흐 리 기 | 60 | 7 | 89 | 67 | 0 | 100 | 67 | 0 | 100 |
| 전 체 | 410 | 59 | 87 | 442 | 27 | 94 | 469 | 0 | 100 |

필터와 CDM마스크를 사용하여 영상을 개선할 경우에는 각각 100%로 인식되었다. 결론적으로 주민등록증 영상에서의 개별 코드 인식은 고주파 필터와 CDM 마스크를 통한 영상 개선으로 좋은 결과를 산출 할 수 있음을 확인하였다.

5.3 주민등록증 얼굴 인식

주민등록증에 있는 사진 및 얼굴 이미지와 데이터베이스에 있는 사진 및 얼굴 이미지 간의 유사도를 계산하기 위한 추출 특징은 명도값 특징, 윤곽선 특징, HSV 색상 특징, RGB특징, YIQ의 I 색상 특징, YIQ의Q색상 특징, YCbCr의 Cb 색상 특징 YCbCr의 Cr 색상 특징을 사용하여 상관도를 산출하였으며 각각 Luminance, Edge, Hue, RGB, YIQ-I, YIQ-Q, YCbCr-Cb, YCbCr-Cr로 표기한다.

본 실험에서 사용된 영상으로는 원본 영상 10장과 사진 부분만 위조한 영상 10장 그리고 얼굴 부분만 위조한 영상 10장, 총 30장의 주민등록증 영상을 사용하였으며 데이터베이스에 있는 주민등록증 사진 영상과 얼굴 템플릿 영상 20장과의 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 주민등록증 영상에서 추출한 각각의 얼굴과 주민등록증 데이터베이스에 저장된 얼굴 템플릿과의 유사도를 각각 SCF (Similarity of corresponding Face), HSOF (Highest Similarity of Other Faces), ASOF

(Average Similarity of Other Faces)라 정의하였다. 즉, 정상적인 주민등록증인 경우 SCP(SCF)가 HSOP(HSOF)보다 높아야 하며, SCP(SCF)는 높을수록 HSOP(HSOF), ASOP(ASOF)는 낮을수록 신뢰성이 높다고 할 수 있다. 반면 위조된 주민등록증인 경우 SCP(SCF)가 낮아야 한다.

<표 5>~<표 10>은 위조되지 않은 주민등록증 원본과 사진이 위조된 주민등록증, 얼굴이 위조된 주민등록증 각각을 각 특징별로 사진 유사도와 얼굴 유사도를 비교하였다. 먼저 <표 5>에서 위조되지 않은 주민등록증 원본에 대한 사진 유사도를 살펴보면, SCP가 모두 HSOP보다 높게 나타난다. 특히 Edge 특징은 SCP가 비록 낮지만 HSOP와의 차이가 가장 크게 나타나는 것으로 신뢰성을 보았을 때 바람직한 특징이라고 평가할 수 있다. <표 6>에서 위조되지 않은 주민등록증 원본에 대한 얼굴 유사도를 살펴보면 SCF가 모두 HSOF보다 높게 나타나며 특히 YIQ-Q와 Hue 특징은 사진에서의 유사도와는 달리 가장 높은 유사도를 나타냈다. 이것으로 보아 YIQ-Q와 Hue특징은 얼굴과 같은 경우에는 높은 변별력을 가지는 것으로 분석된다.

<표 7>과 <표 8>에서 사진 부분을 위조한 주민등록증에 대한 사진 유사도와 얼굴 유사도를 살펴보면, SCP가 HSOP보다 낮은 것을 알 수 있다. 이것은 제안하는 시스템이 사진이 위조된 주민등록증에 대한 변별력을 가진다는 것을 알 수 있다. 여기서 HSOP가 높게 나타나는 것은 사진 및 얼굴을 위조할 때 기존 데이터베이스에 있는 다른 사람의 사진/얼굴을 위조했기 때문에 나타나는 현상이며 예상할 수 있는 결과이다.

<표 9>에서 얼굴 부분을 위조한 주민등록증에 대한 사진 유사도를 살펴보면, SCP가 모두 HSOP보다 높게 나타났으며 이는 얼굴이 위조된 경우

<표 5> 주민등록증 원본의 사진 유사도 비교

| | SCP | HSOP | ASOP | SCP-HSOP | Rank |
|-----------|-------|-------|-------|----------|------|
| Liminance | 1.000 | 0.554 | 0.194 | 0.446 | 8 |
| Edge | 0.989 | 0.033 | 0.007 | 0.956 | 1 |
| Hue | 1.000 | 0.036 | 0.009 | 0.964 | 2 |
| Rgb | 1.000 | 0.554 | 0.194 | 0.446 | 7 |
| YIQ-I | 1.000 | 0.053 | 0.008 | 0.947 | 3 |
| YIQ-Q | 1.000 | 0.110 | 0.012 | 0.890 | 5 |
| YCbCr-Cb | 1.000 | 0.143 | 0.036 | 0.857 | 6 |
| YCbCr-Cr | 1.000 | 0.063 | 0.024 | 0.937 | 4 |

<표 8> 사진위조본의 얼굴 유사도 비교

| | SCF | HSOF | ASOF | SCF-HSOF | Rank |
|-----------|-------|-------|-------|----------|------|
| Liminance | 0.556 | 0.655 | 0.136 | -0.099 | 5 |
| Edge | 0.139 | 0.139 | 0.016 | 0.000 | 8 |
| Hue | 0.029 | 0.175 | 0.007 | -0.146 | 4 |
| Rgb | 0.556 | 0.655 | 0.136 | -0.099 | 6 |
| YIQ-I | 0.033 | 0.523 | 0.024 | -0.491 | 1 |
| YIQ-Q | 0.012 | 0.074 | 0.004 | -0.062 | 7 |
| YCbCr-Cb | 0.049 | 0.504 | 0.013 | -0.455 | 2 |
| YCbCr-Cr | 0.120 | 0.537 | 0.028 | -0.418 | 3 |

<표 6> 주민등록증 원본의 얼굴 유사도 비교

| | SCF | HSOF | ASOF | SCF-HSOF | Rank |
|-----------|-------|-------|-------|----------|------|
| Liminance | 1.000 | 0.424 | 0.131 | 0.576 | 8 |
| Edge | 0.827 | 0.093 | 0.027 | 0.734 | 6 |
| Hue | 1.000 | 0.061 | 0.003 | 0.939 | 2 |
| Rgb | 1.000 | 0.424 | 0.131 | 0.576 | 7 |
| YIQ-I | 1.000 | 0.141 | 0.022 | 0.859 | 4 |
| YIQ-Q | 1.000 | 0.016 | 0.003 | 0.984 | 1 |
| YCbCr-Cb | 1.000 | 0.098 | 0.005 | 0.902 | 3 |
| YCbCr-Cr | 1.000 | 0.158 | 0.023 | 0.842 | 5 |

<표 9> 얼굴위조본의 사진 유사도 비교

| | SCP | HSOP | ASOP | SCP-HSOP | Rank |
|-----------|-------|-------|-------|----------|------|
| Liminance | 0.950 | 0.675 | 0.122 | 0.275 | 8 |
| Edge | 0.733 | 0.150 | 0.012 | 0.582 | 5 |
| Hue | 0.926 | 0.038 | 0.003 | 0.888 | 1 |
| Rgb | 0.950 | 0.675 | 0.122 | 0.275 | 7 |
| YIQ-I | 0.968 | 0.288 | 0.021 | 0.680 | 3 |
| YIQ-Q | 0.739 | 0.075 | 0.006 | 0.664 | 4 |
| YCbCr-Cb | 0.959 | 0.138 | 0.008 | 0.821 | 2 |
| YCbCr-Cr | 0.972 | 0.415 | 0.022 | 0.557 | 6 |

<표 7> 사진위조본의 사진 유사도 비교

| | SCP | HSOP | ASOP | SCP-HSOP | Rank |
|-----------|-------|-------|-------|----------|------|
| Liminance | 0.700 | 0.765 | 0.210 | -0.066 | 6 |
| Edge | 0.081 | 0.146 | 0.011 | -0.065 | 8 |
| Hue | 0.028 | 0.130 | 0.018 | -0.102 | 5 |
| Rgb | 0.700 | 0.765 | 0.210 | -0.066 | 7 |
| YIQ-I | 0.014 | 0.448 | 0.012 | -0.434 | 1 |
| YIQ-Q | 0.024 | 0.223 | 0.018 | -0.199 | 4 |
| YCbCr-Cb | 0.151 | 0.479 | 0.051 | -0.327 | 2 |
| YCbCr-Cr | 0.008 | 0.265 | 0.009 | -0.257 | 3 |

<표 10> 얼굴위조본의 얼굴 유사도 비교

| | SCF | HSOF | ASOF | SCF-HSOF | Rank |
|-----------|-------|-------|-------|----------|------|
| Liminance | 0.596 | 0.675 | 0.122 | -0.079 | 4 |
| Edge | 0.150 | 0.150 | 0.012 | 0.000 | 8 |
| Hue | 0.031 | 0.038 | 0.003 | -0.006 | 7 |
| Rgb | 0.596 | 0.675 | 0.122 | -0.078 | 5 |
| YIQ-I | 0.067 | 0.288 | 0.021 | -0.221 | 2 |
| YIQ-Q | 0.042 | 0.075 | 0.006 | -0.033 | 6 |
| YCbCr-Cb | 0.051 | 0.138 | 0.008 | -0.086 | 3 |
| YCbCr-Cr | 0.154 | 0.415 | 0.022 | -0.261 | 1 |

사진 유사도만을 기준으로 위조 여부를 판별 할 수 없음을 의미한다. <표 10>에서 얼굴 부분을 위조한 주민등록증에 대한 얼굴 유사도를 분석하면 SCF가 HSOF보다 낮게 나타났으며 0.261에서 0 사이의 차이가 나타났음을 알 수 있다. 특히 Hue, YIQ-I컬러 모델과 YCbCr-Cb컬러 모델을 이용한 특징은 SCF도 낮게 나타났고 주민등록증의 얼굴 부분만을 위조한 경우에도 주민등록증의 위,변조를 판별할 수 있는 중요한 특징이 되는 것을 알 수 있다. 따라서 <표 5>에서 <표 10>까지 모두 분석한 결과, 얼굴 인증을 위한 특징은 위조되지 않은 원본 주민등록증의 얼굴 유사도와 얼굴이 위조된 주민등록증의 유사도를 바탕으로 Hue, YIQ-I, YCbCr-Cb특징을 선택하여 얼굴을 인증하는 것이 효율적임을 확인하였다.

위 실험을 바탕으로 Hue, YIQ-I, YCbCr-Cb특징을 사용하여 위조, 변조를 판별한 결과는 <표 11>과 같고 본 논문에서 주민등록증 개별코드 인식과 얼굴인식 시스템은 [그림 13]과 같다.

<표 11> 주민등록증 얼굴인증 결과

| | 원본 | 사진위조 | 얼굴위조 |
|----|----|------|------|
| 위조 | 0 | 10 | 10 |
| 정상 | 10 | 0 | 0 |



[그림 13] 주민등록증 개별코드 인식 및 얼굴 인증 시스템

6. 결론

현재 주민등록증 자동 인식은 주민등록증 위,변조에 대한 대응책으로 떠오르고 있다. 본 논문에서는 개선된 ART2기반 RBF네트워크를 이용한 주민등록증 개별 코드 인식과 템플릿 매칭 알고리즘을 이용한 얼굴 인증을 통해 주민등록증을 인식하는 시스템을 제안하였다. 제안된 방법은 주민등록증 영상에서 주민등록번호와 발행일을 추출하기 위하여 영상을 소벨 마스크와 미디언 필터링을 적용한 후에 수평 스미어링을 적용하여 주민등록번호와 발행일 영역을 검출하였다. 그리고 4 방향 윤곽선 추적 알고리즘으로 개별 문자를 추출하기 위한 전 단계로 주민등록증 영상에 대해 고주파 필터링을 적용하여 주민등록증 영상 전체를 이진화 하였다. 이진화된 주민등록영상에서 CDM마스크를 적용하여 주민등록번호와 발행일 코드를 복원하고 검출된 각 영역에 대해 4-방향 윤곽선 추적 알고리즘으로 개별 문자를 추출하였다. 추출된 개별 문자를 인식하기 위해 개선된 ART2 기반 RBF 네트워크를 제안하고 인식에 적용하였다. 인식된 주민등록 번호를 이용하여 주민등록증 데이터베이스로부터 얼굴 인증용 템플릿을 획득하고 주민등록증에서 추출된 얼굴영역과의 유사도를 측정하여 주민등록증 얼굴 영역의 위조 여부를 판별하였다. 얼굴 인증을 위한 이미지 유사도 측정을 위하여 다양한 실험을 통한 결과를 종합 분석한 결과, 사진 영역의 인증에는 Luminance, Edge, RGB특징이, 얼굴 영역의 인증을 위해서는 Hue, YIQ-I, YCbCr-Cb특징이 효과적인 것으로 나타났다. 여기서 주민등록증의 사진 영역의 유사도와 얼굴 영역의 유사도가 모두 0.7이상인 경우에는 정상적인 주민등록증으로 판정하고 그렇지 않은 경우에는 위조가 되었을 가능성이 있는 주민등록

증으로 판정하였다.

본 논문에서 제안한 ART2기반 RBF네트워크와 템플릿 매칭을 이용한 얼굴인증이 주민등록증 개별 코드 인식과 위조, 변조 판별에 우수한 성능이 있음을 성능 평가 실험을 통해 확인하였다.

참고문헌

- [1] Kim, K. B., G. H. Kim and S. K. Je, "Medical Image Vector Quantizer Using Wavelet Transform and Enhanced SOM Algorithm," *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, LNAI 3339(2004), 98-108.
- [2] Jain, A.K., *Fundamental of Digital Image Processing*, Prentice-Hall, New Jersey, 1989.
- [3] 김광백, 김영주, "동적인 임계화 방법과 개선된 학습 알고리즘의 신경망을 이용한 차량 번호판 인식," *정보처리학회논문지*, 제 9-B권, 제1호 (2002), 119-128.
- [4] Kim, K. B., D. U. Lee and K. b. Sim, "Performance Improvement of Fuzzy RBF Networks," *Lecture Notes in Computer Science*, LNCS 3610(2005), 237-244.
- [5] 황영섭, 방승양, "RBF 신경망 분류기의 효율적 구성," *한국정보과학회논문지*, Vol.21, No.5 (1997), 451-460.
- [6] Kothari, M. L., S. Madnani and R. Segal, "Orthogonal Least Square Learning Algorithm Based Radial Basis Function Network Adaptive Power System Stabilizer," *Proceedings of IEEE SMC*, Vol.1(1997), 542-547.
- [7] Kim, K. B. and C. K. Kim, "Performance Improvement of RBF Network Using ART2 Algorithm and Fuzzy Logic System," *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, LNAI 3339(2004), 853-860.
- [8] Kim, K. B., "Intelligent Immigration Control System by Using Passport Recognition and Face Verification," *Lecture Notes in Computer Science*, LNCS 3497(2005), 147-156.

Abstract

Recognition of Resident Registration Card using ART2-based RBF Network and Face Verification

Kwang-Baek Kim* · Young-Ju Kim*

In Korea, a resident registration card has various personal information such as a present address, a resident registration number, a face picture and a fingerprint. A plastic-type resident card currently used is easy to forge or alter and tricks of forgery grow to be high-degree as time goes on. So, whether a resident card is forged or not is difficult to judge by only an examination with the naked eye. This paper proposed an automatic recognition method of a resident card which recognizes a resident registration number by using a refined ART2-based RBF network newly proposed and authenticates a face picture by a template image matching method. The proposed method, first, extracts areas including a resident registration number and the date of issue from a resident card image by applying Sobel masking, median filtering and horizontal smearing operations to the image in turn. To improve the extraction of individual codes from extracted areas, the original image is binarized by using a high-frequency passing filter and CDM masking is applied to the binarized image for making image information of individual codes better. Lastly, individual codes, which are targets of recognition, are extracted by applying 4-directional contour tracking algorithm to extracted areas in the binarized image. And this paper proposed a refined ART2-based RBF network to recognize individual codes, which applies ART2 as the learning structure of the middle layer and dynamically adjusts a learning rate in the learning of the middle and the output layers by using a fuzzy control method to improve the performance of learning. Also, for the precise judgement of forgery of a resident card, the proposed method supports a face authentication by using a face template database and a template image matching method.

For performance evaluation of the proposed method, this paper made metamorphoses of an original image of resident card such as a forgery of face picture, an addition of noise, variations of contrast, variations of intensity and image blurring, and applied these images with original images to experiments. The results of experiment showed that the proposed method is excellent in the recognition of individual codes and the face authentication for the automatic recognition of a resident card

Key words : Recognition of resident card, ART2-based RBF network, Fuzzy control method, Template matching

* Dept. of Computer Engineering, Silla University