

블록별 화소방향성분을 이용한 지문의 동일성 판별 알고리즘

조 남 형[†] · 이 주 신^{**}

요 약

본 논문에서는 형태정보를 이용한 지문인식 알고리즘의 단점인 오인식율을 최소화 하고, 출입관리 시스템에 적용이 가능하도록 블록별 화소 방향성분을 이용한 지문의 동일성 판별 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 지문영상을 16개의 블록으로 나누고 각각의 블록들에 대하여 0°, 45°, 90°, 135°의 방향성분을 갖는 총 64개의 특징 파라미터를 추출하였다. 그리고 추출된 기준지문과 입력지문의 특징 파라미터들에 대한 멤버십 함수를 계산하고, 퍼지 추론을 이용한 두 지문의 동일성을 판별하였다. 동일성 판별에 사용한 지문은 성인의 지문 중 성별, 모양에 관계없이 서로 다른 100개의 지문을 가지고 오인식율을 평가하였으며 100개의 지문을 각각 10개씩 추가로 입력받아 오거부율을 평가하였다. 실험결과 오인식율은 4,950회의 실험을 수행하였으며 평균 0.34 %를 나타내었고, 오거부율은 1,000회의 실험을 수행하였으며 평균 3.7 % 결과를 나타내었다. 따라서 제안한 알고리즘이 인식율 및 보안성에서 뛰어난 성능을 나타낼 수 있었다.

Fingerprint Identification Algorithm using Pixel Direction Factor in Blocks

Nam-Hyung Cho[†] · Joo-Shin Lee^{**}

ABSTRACT

In this paper, fingerprint identification algorithm using pixel direction factor in blocks is proposed to minimize false acceptance ratio and to apply security system. The proposed algorithm is that a fingerprint image is divided by 16 blocks, then feature parameters which have direct factors of 0°, 45°, 90°, and 135° is extracted for each block. Membership function of a reference fingerprint and an input fingerprint for the extracted parameters is calculated, then identification of two fingerprint is distinguished using fuzzy inference. False acceptance ratio is evaluated about different fingerprints of 100 kinds regardless of sex and shape which are obtained from adults, and false rejection ratio is evaluated about fingerprints which are obtained by adding fingerprints of 10 kinds on different fingerprints of 100 kinds. The experiment results is that false acceptance ratio is average 0.34% about experiment of 4,950 times, and false rejection ratio is average 3.7% about experiment of 1,000 times. The proposed algorithm is excellent for recognition rate and security.

키워드 : 지문(fingerprint), 인식(identification), 퍼지(Fuzzy), 오인식율(FAR), 오거부율(FRR)

1. 서 론

현대의 고도화된 정보화 사회는 데이터나 장비 또는 이를 이용하는 사용자에 대한 보안관리의 중요성이 증가되고 있으며, 특히 컴퓨터를 이용한 보안시스템의 증가와 인터넷의 발달로 인한 전자상거래 등의 출현으로 개인 인증에 대한 관심은 그 어느 때 보다 높아져만 가고 있다. 하지만 기존의 비밀번호나 개인 식별번호 또는 마그네틱 카드 등은 노출 또는 분실로 인한 도용 및 복제가 가능하므로, 최근에는 지문, 얼굴, 홍채, 음성 등과 같이 사람이 가지고 있는 영구적이고 신뢰성 있는 특징들을 이용한 생체측정 기술에 대한 연구의 필요성이 확대되고 있다. 그 중에서도 지문인식 기술은 정확성과 경제성 그리고 인식속도 면에서 다른 생체측

정 기술 보다 우수하다고 판단되어 현재 가장 널리 사용되고 있으며 사람마다 고유성과 불변의 특성을 지니고 있어 오래전부터 개인인증을 위한 수단으로 많이 이용되어 왔다. 지문에 대한 과학적인 연구가 본격적으로 이루어진 것은 19세기 후반부터이며, 1880년 영국의 허셀은 지문법에 관한 논문을 네이처(Nature) 지에 처음으로 발표했다. 그 후 골튼은 허셀이 모은 자료를 상세히 연구하여 개인 식별의 목적에 적합한 지문법을 고안하였으며, 헨리는 골튼의 분류법을 개량하여 현재 미국이나 영국 등, 세계 각국의 경찰청 지문감식 시스템에 적용하고 있는 지문법의 기초를 확립시켰다. 지문처리의 분야는 크게 분류(Classification)와 인식(Identification)으로 대별할 수 있다[1].

지문분류는 지문의 형태를 결정하기 위한 작업으로 주로 대용량의 데이터베이스에서 지문을 찾아낼 때 검색속도의 향상을 위한 목적으로 사용하는 방법으로 헨리식 5분류 기법과 함부르크식의 10분류 기법이 대표적이다. Moayer와

[†] 정 회 원 : 주성대학 정보통신과 조교수

^{**} 정 회 원 : 정주대학교 전자공학과 교수
논문접수 : 2004년 10월 7일, 심사완료 : 2005년 3월 15일

Fu는 특징영역과 특징점에 나타나는 융선을 고려한 구문론적 방법을 분류하였으며, Rao와 Balck는 지문의 융선만을 이용한 지문을 10가지로 분류하였다[2, 3]. 지문인식은 미리 인가된 사람의 지문을 시스템에 등록시킨 후, 새로 입력한 지문이 등록된 지문과 일치하는지를 구별하는 작업으로 주로 범죄수사 및 시설물이나 정보 보안장치 등에서 개인 인증의 수단으로 사용하고 있다. 이러한 지문인식 방법은 특징 파라미터의 추출 방법에 따라 특징점을 이용한 지문인식 방법과 형태정보를 이용한 지문인식방법으로 구분 할 수 있다.

특징점을 이용한 지문인식 방법은 지문에 나타난 분기점, 끝점과 같은 특징점들을 추출하고, 특징점의 종류 및 방향 그리고 각 특징점 간의 상호관계에 대한 파라미터를 추출하여 지문의 동일성을 판별하는 방법이다. 이 방법은 인식률이 높고 잡음에 강하다는 장점이 있으나 알고리즘 구현이 힘들고, 특징점을 잃어버린 경우에는 식별이 어렵다는 단점이 있다. Seto와 Hoshino는 공간적인 영역 내에 특징점 상호간의 조합을 실시하였으며, Yamato등은 특징점의 위치조합으로 식별하였다[4-6]. 형태정보를 이용한 지문인식 방법은 주로 지문을 작은 블록으로 나누고, 각 블록에 대한 대표 방향성분을 추출한 후 각각의 방향성분이 가지고 있는 지문의 형태정보를 이용하여 지문의 동일성을 판정하는 방법이다. 이 방법은 지문의 전체적인 형태정보를 이용하기 때문에 지문이 어느 정도 손상된 경우라도 인식이 가능하고, 알고리즘의 구현이 간단하다는 장점은 있지만, 지문분류에서 동일한 그룹으로 분류된 유사지문에 대해서는 오인식율이 높아 보안성이 떨어진다는 단점이 있다. Tezuka는 융선의 형태 정보로부터 직접 인식을 실시하였으며, Isenor와 Zaky는 융선을 그래프로 나타내어 조합을 실시하였다[7, 8].

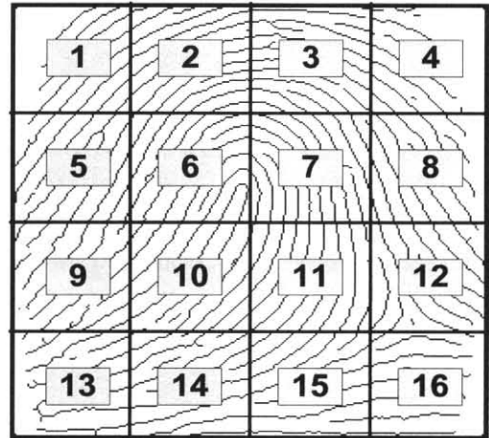
본 논문에서는 형태정보를 이용한 지문인식 알고리즘의 단점인 오인식율을 최소화하고, 출입관리 시스템에 적용이 가능하도록 블록별 화소방향성분을 이용한 지문의 동일성 판별 알고리즘을 제안하고자 한다[9]. 제안한 알고리즘은 지문 영상을 16개의 블록으로 나누고 각각의 블록들에 대하여 0°, 45°, 90°, 135°의 방향성분을 갖는 총 64개의 특징 파라미터를 추출한 후, 추출된 특징 파라미터에 대하여 기준지문과 입력지문의 멤버쉽 함수를 구하고, 퍼지추론을 이용한 두 지문의 동일성을 판별하고자 한다. 동일성 판별에 사용한 지문은 성인의 지문 중 성별, 모양에 관계없이 서로 다른 100개의 지문을 가지고 오인식율 (FAR: False Acceptance Ratio)을 평가하고, 100개의 지문에 대하여 각각 10개씩 추가로 입력받아 오거부율 (FRR: False Rejection Ratio)을 평가하고자 한다.

2. 제안한 방법에 의한 특징 파라미터 추출

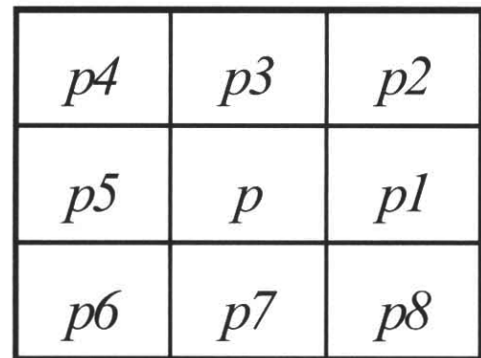
지문 융선에 대한 형태학적 특징 정보는 세션화 영상이 가지고 있는 각 화소들에 대한 화소방향 성분으로 표현할 수 있으며, 이러한 정보들은 지문인식을 하는데 있어 중요

한 특징 파라미터로 사용할 수 있다. 즉, 관심 있는 여러 각도에 대하여 지문의 연결성을 계산하고, 이로부터 공통된 요소를 추출하여 특징정보로 사용할 수 있다. 일반적으로 형태정보를 이용한 지문인식 알고리즘은 전체 영상을 소 블록으로 나누고, 각각의 블록들이 가지고 있는 대표 방향성분을 추출하여 지문인식을 위한 특징 파라미터로 사용하게 되는데, 이 경우 지문 분류기법에서 동일한 그룹으로 분류된 유사지문에 대해서는 오인식율이 높다는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 형태정보를 이용한 지문인식 알고리즘의 단점인 오인식율을 줄이기 위한 특징 파라미터 추출 방법을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 먼저 기존의 전처리 알고리즘을 이용하여 이진화 및 세션화 영상을 추출한 후, 세션화 영상을 (그림 1)과 같이 16개의 블록으로 나누어 각 블록 내의 화소들에 대한 0°, 45°, 90°, 135°의 방향 성분을 계산하고 각 블록 내에서 4 방향 성분을 갖는 화소의 개수를 합하여 동일성 판별을 위한 특징 파라미터로 사용하였다. 여기서 화소의 연결성을 계산하기 위한 함수로는 (그림 2)와 같이 3x3 공간 마스크를 사용하였으며, 지문을 입력할 때 회전에 의해 발생하는 입력오차를 줄이기 위하여 <표 1>과 같이 각 특징 파라미터에 대한 방향범위를 설정하였다.



(그림 1) 블록 분할



(그림 2) 3x3 방향 탐색 마스크

〈표 1〉 특징 파라미터의 방향범위

파라미터(d)	방향범위
1	$0 \leq \theta < 45$
2	$45 \leq \theta < 90$
3	$90 \leq \theta < 135$
4	$135 \leq \theta < 180$

식 (1)은 (그림 2)의 3x3 방향 탐색마스크를 사용하여 각 블록별 특징 파라미터를 추출하기 위한 수식을 나타낸 것이다. 여기서 $P_d(N)$ 는 지문영상의 N번째 블록에서 d 방향의 파라미터를 갖는 화소 p의 집합을 나타낸 것이고, 집합 $P_d(N)$ 의 원소개수 $|P_d(N)|$ 은 퍼지추론을 위한 특징 파라미터를 나타낸 것이다.

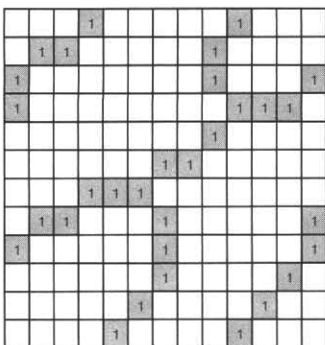
$$P_d(N) = \{ p \mid p \wedge p1 \wedge p5 = 1 \text{ or } p \wedge p2 \wedge p5 = 1 \text{ or } p \wedge p1 \wedge p6 = 1, p \in N \}, \text{ where } d=1$$

$$P_d(N) = \{ p \mid p \wedge p2 \wedge p6 = 1 \text{ or } p \wedge p3 \wedge p6 = 1 \text{ or } p \wedge p2 \wedge p7 = 1, p \in N \}, \text{ where } d=2$$

$$P_d(N) = \{ p \mid p \wedge p3 \wedge p7 = 1 \text{ or } p \wedge p4 \wedge p7 = 1 \text{ or } p \wedge p3 \wedge p8 = 1, p \in N \}, \text{ where } d=3$$

$$P_d(N) = \{ p \mid p \wedge p4 \wedge p8 = 1 \text{ or } p \wedge p5 \wedge p8 = 1 \text{ or } p \wedge p4 \wedge p1 = 1, p \in N \}, \text{ where } d=4 \tag{1}$$

따라서 하나의 지문에서 추출된 특징 파라미터의 개수는 16개의 블록에서 각각 4개의 파라미터가 추출됨으로 총 64개의 특징파라미터를 추출할 수 있었다. (그림 3)은 식 (1)의 방법으로 블록내의 화소들에 대하여 4 방향 성분에 대한 특징파라미터를 추출한 예를 나타낸 것이다.



특징파라미터	개수
$P_1(N)$	11
$P_2(N)$	6
$P_3(N)$	3
$P_4(N)$	1

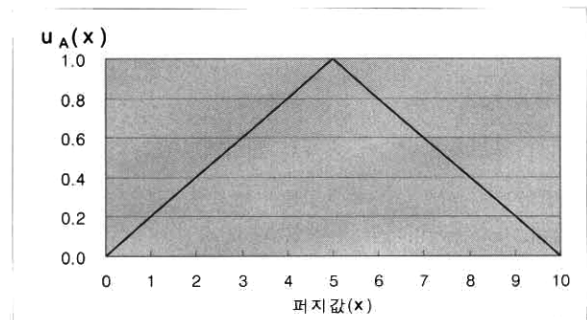
(그림 3) 특징파라미터 추출 예

3. 퍼지 추론을 이용한 지문의 동일성 판별

퍼지이론은 1965년 L. A. Zadeh에 의해 소속이 명확하지 않은 많은 대상들을 수학적으로 다루기 위해 퍼지 집합의 개념이 처음 제안된 이래 다양한 분야에서 많은 연구가 진행되어 왔다. 또한 퍼지 집합의 개념을 각 대상이 어떤 모임에 「소속된다, 되지 않는다.」라는 이원론적인 논리로부터 탈피하여 각 대상을 그 모임에 소속되는 정도로 해석하여 일반화한 개념이다. 퍼지 집합 A는 실수 전체의 집합 X에 대하여 멤버십 함수(Membership Function) μ_A 에 의해 특징지어진 순서쌍의 집합으로 식(2)와 같이 정의된다[10-13].

$$A = \{ (\mu_A(x), x) : x \in X \} \text{ or } A = \int_X \mu_A(x) / x \tag{2}$$

여기서 $\mu_A(x)$ 는 멤버십 함수 또는 소속 정도라고 부르며 불확실성의 등급을 나타내는 표현으로 0과 1사이의 값을 갖는다. 즉 $\mu_A : X \rightarrow [0, 1]$ 또는 $\mu_A \in [0, 1]$ 으로 X의 각 요소 μ_A 는 0에서 1까지의 실수값으로 주어진다. 그러므로 1에 가까운 값은 A에 속한 정도가 크고, 반대로 0에 가까운 값일수록 A에 속한 정도가 작음을 의미한다. (그림 4)는 유사도를 평가하기 위해 사용한 멤버십 함수를 나타낸 것으로서 종축은 멤버십 함수이고, 횡축은 특징 파라미터에 대한 퍼지값을 나타낸 것이다. 그리고 퍼지화값에 완전히 대응할 때를 1.0으로 하고, 퍼지화값 한 등급씩의 차이에 따라 0.2씩 감소하는 삼각형형 멤버십 함수로 설계하였다.



(그림 4) 멤버십 함수 $\mu_A(x)$

3.1 퍼지화 데이터의 생성

입력된 지문의 변화에 의한 특징 파라미터들의 변화량을 퍼지추론을 이용하여 유사도를 계산하기 위해서는 추론을 위한 퍼지화 데이터가 생성되어야 한다. 퍼지화 데이터는 멤버십 함수에 대응하는 특징파라미터의 구간값들을 퍼지값으로 정규화하여 나타낸 것이다. 식 (3)은 퍼지값 x에 대한 퍼지화 데이터의 중심값을 생성하기 위한 수식을 나타낸 것이다.

$$F(x) = |P_d(N)| - ((5-x) \times \alpha), \quad 0 \leq x \leq 10 \quad (3)$$

여기서 $F(x)$ 는 특징 파라미터 $|P_d(N)|$ 에 대한 퍼지화 데이터를 나타낸 것이고, α 는 퍼지화 데이터를 생성하기 위한 구간값을 나타낸 것이다. 만약 α 값을 작게 할 경우 잡음 및 회전과 같은 지문의 작은 변화에도 민감하게 작용하여 FAR 은 낮아지고 상대적으로 FRR 이 높아지게 된다. 반대로 α 값을 크게 할 경우 지문의 변화에 둔감하게 작용하여 FRR 은 낮아지나, FAR 이 높아지는 현상이 나타나게 된다. <표 2>는 특징 파라미터 값이 139일 때, 식 (3)을 이용하여 퍼지화 데이터를 생성한 예를 나타낸 것이다. <표 2>에서 $\alpha=5$ 라고 가정하였다.

<표 2> 특징파라미터 139에 대한 퍼지화 데이터 생성 예

퍼지값(x)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
퍼지화 데이터	하한치	112	117	122	127	132	137	142	147	152	157	162
	중심값	114	119	124	129	134	139	144	149	154	159	164
	상한치	116	121	126	131	136	141	146	151	156	161	166

3.2 유사도 계산을 위한 생성규칙

퍼지 추론을 이용하여 기준지문의 특징 파라미터와 입력 지문의 특징 파라미터의 유사도를 계산하기 위해서는 먼저 기준파라미터에 대한 멤버십 함수를 결정하고, 기준파라미터의 멤버십 함수에 대응하는 입력파라미터의 멤버십 함수를 계산하여 유사도 계산을 위한 합성연산을 수행하면 된다.

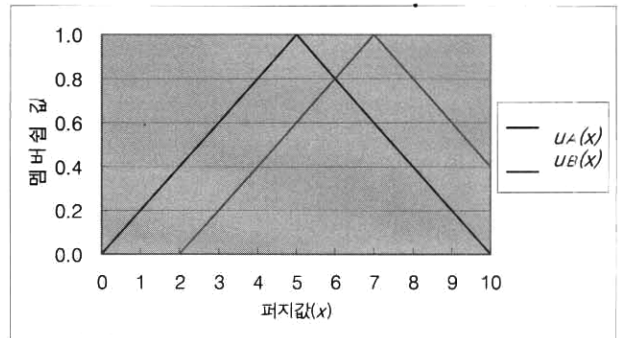
기준지문에서 추출된 특징 파라미터를 A라 하고 입력지문에서 추출된 특징 파라미터를 B라 할 때 두 특징 파라미터의 유사도 계산을 위한 생성규칙을 <표 3>과 같이 정의하였다. 생성 규칙은 모두 4단계로 이루어져 있으며 규칙1에서는 기준파라미터의 멤버십 함수 $\mu_A(x)$ 를 계산하고 규칙2에서 기준파라미터의 퍼지화 데이터 $F_A(x)$ 와 입력 파라미터 B를 비교하여 두 값의 차가 최소인 M를 구한 후, 규칙3에서 기준파라미터의 멤버십 함수 $\mu_A(x)$ 를 기준으로 입

<표 3> 유사도 계산을 위한 생성규칙

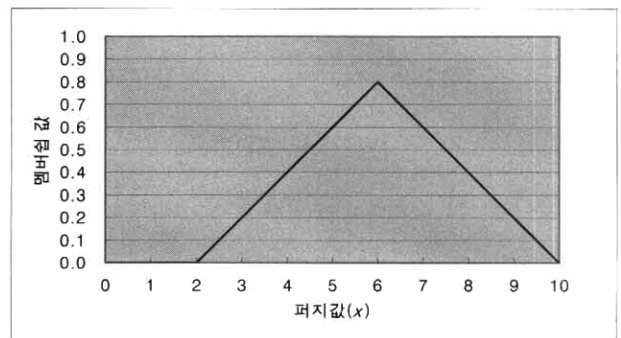
단계	유사도 계산을 위한 생성규칙	
규칙1	기준파라미터의 멤버십 함수	$\mu_A(x) = 1 - (\frac{0.2}{\alpha} \times F_A(5) - F_A(x)), \quad 0 \leq x \leq 10$
규칙2	최소값 계산	$M = \min(F_A(x) - B), \quad 0 \leq x \leq 10$
규칙3	입력파라미터의 멤버십 함수	$\mu_B(x) = 1 - \frac{0.2}{\alpha} \times (B - F_A(x) - M) , \quad 0 \leq x \leq 10$
규칙4	유사도 계산	$SF = (\mu_A(5) + \mu_B(5)) \div 2$

력파라미터의 멤버십 함수 $\mu_B(x)$ 를 생성하였다. 그리고 규칙4에서는 기준 파라미터의 멤버십 함수가 최대일 때의 $\mu_A(5)$ 에 대응하는 입력 파라미터의 멤버십 함수 $\mu_B(5)$ 를 더한 후, 두 멤버십 함수의 평균을 구하여 기준 파라미터와 입력 파라미터의 동일성 판별을 위한 유사도 값 SF(Similar Factor)로 계산하였다.

(그림 5)는 기준 파라미터가 A=139이고, 입력 파라미터가 B=148이라고 가정할 때 제안한 생성 규칙으로 두 파라미터의 멤버십 함수를 생성한 후, 유사도 값을 계산한 예를 나타낸 것이다. (그림 5) (a)는 생성 규칙에 의한 두 파라미터의 멤버십 함수를 나타낸 것이고, (그림 5) (b)는 두 파라미터의 유사도를 나타낸 것으로써 유사도 값이 0.8임을 알 수 있었다.



(a) 파라미터 A, B의 멤버십함수



(b) 유사도 값 (SF = 0.8)

(그림 5) 멤버십 함수와 유사도 값

3.3 지문의 동일성 판별

퍼지추론을 이용한 지문의 동일성을 판별하기 위해 지문 영상을 16개의 블록으로 나누고, 각각의 블록들에 대하여 0°, 45°, 90°, 135°의 4방향 성분에 대한 총 64개의 특징 파라미터를 추출하였다. 그리고 기준지문과 입력지문의 대응하는 각 파라미터들에 대하여 제안한 생성 규칙으로 유사도 값을 구하고, 식 (4)와 같이 두 지문의 동일성을 판별하기 위하여 전체 유사도 값의 합을 구하였다.

$$SF(sum) = \sum_{N=1}^{16} \sum_{d=1}^4 (SF(N, d)) \quad (4)$$

여기서 N 은 파라미터의 블록번호이고 d 는 파라미터의 방향성분을 나타낸 것이다. 그리고 $SF(sum)$ 은 전체 64개의 특징 파라미터들에 대한 유사도 값의 합을 나타낸 것으로서 두 지문이 완전히 동일한 경우 $SF(sum)$ 의 최대값은 64이고, 두 지문이 완전히 상이할 경우 $SF(sum)$ 의 최소값은 0이 된다. 또한 지문의 동일성 여부를 판단하기 위한 척도로 임계값 Th 을 사용하였으며 $SF(sum)$ 이 Th 보다 작을 경우에는 두 지문이 상이하다고 판정하였고, Th 보다 클 경우에는 두 지문이 동일하다고 판정하였다.

4. 실험 및 고찰

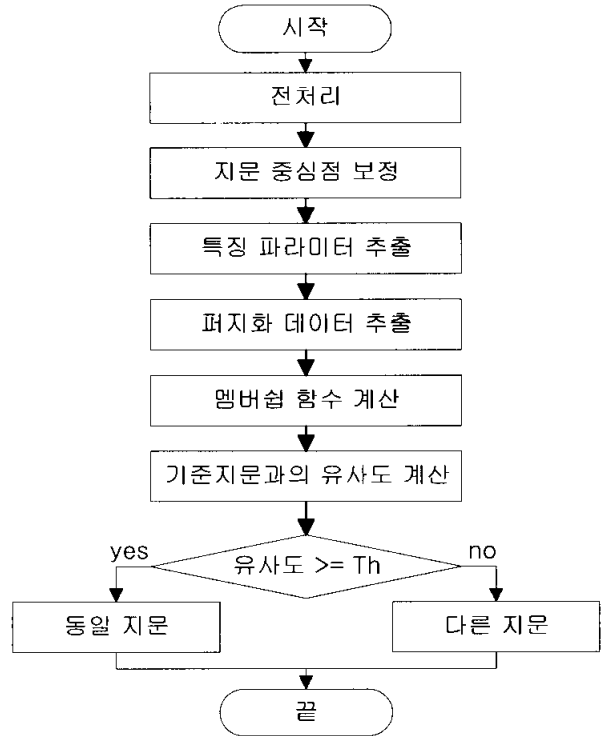
본 연구에서는 성인의 지문 중 성별, 모양에 관계없이 서로 다른 100개의 지문을 가지고 퍼지추론을 이용한 지문의 동일성 판별 실험을 하였으며, 제안한 알고리즘의 성능을 두 가지 측면을 고려하여 평가하였다.

첫 번째는 100개의 서로 다른 지문을 가지고 FAR 을 평가하기 위한 실험을 수행하였으며, 비교 횟수는 같은 지문의 중복비교를 제외한 총 4,950 회의 오인식을 평가실험을 하였다.

두 번째는 100개의 지문에 대하여 각각 10개씩 추가로 입력받아 오거부율 FRR 을 평가하기 위한 실험을 수행하였으며, 비교횟수는 총 1,000회의 오거부율 평가실험을 하였다. (그림 6)은 구현한 알고리즘의 전체 흐름도를 나타낸 것이다.

(그림 7)은 실험에 사용한 지문 중 No.3과 No.4의 원영상

과 세션화 영상을 나타낸 것으로서 No.3은 기준지문이고, No.4는 입력지문으로 사용하였다.



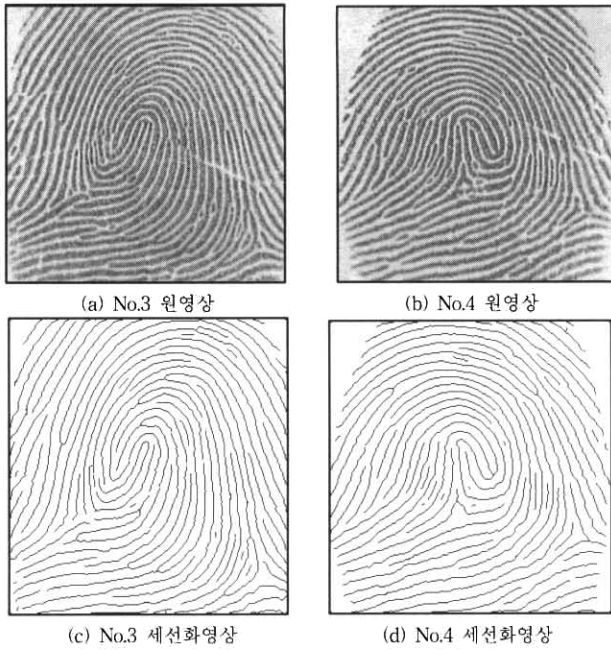
(그림 6) 알고리즘의 흐름도

<표 4> 지문 No.3과 No.4의 특징파라미터

실험 지문	N d	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16															
		지문 No.3	1	6	134	374	25	5	58	67	0	22	213	8	0	353	428
2	299		292	9	1	287	364	35	0	261	120	232	22	38	14	160	165
3	16		1	11	110	125	115	343	437	142	132	262	439	3	1	12	117
4	1		0	169	244	1	4	98	28	1	18	3	20	4	21	12	55
지문 No.4	1	184	490	113	3	20	192	6	0	101	128	144	4	321	400	338	245
	2	81	6	2	3	295	151	3	2	255	213	143	70	18	15	78	63
	3	2	0	23	44	34	126	316	291	44	113	145	322	0	0	3	2
	4	0	56	361	218	0	39	168	85	0	15	22	36	7	7	2	16

<표 5> 지문 No.3과 No.4의 유사도 계산 결과

블록(N) 방향(d)	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16															
	1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.7	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.4	0.4	0.0
2	0.0	0.0	0.9	1.0	0.8	0.0	0.4	1.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.6	1.0	0.0	0.0
3	0.7	1.0	0.8	0.0	0.0	0.8	0.5	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.9	1.0	0.8	0.0
4	1.0	0.0	0.0	0.5	1.0	0.3	0.0	0.0	1.0	0.9	0.6	0.7	0.9	0.7	0.8	0.2
$SF(sum)$	26.3															



(그림 7) 실험지문 No.3과 No.4.

<표 4>는 (그림 7)의 No.3과 No.4의 지문에 대하여 제안한 방법으로 특징 파라미터를 추출한 결과를 나타낸 것이다. <표 4>에서 N은 실험지문의 16개 블록에 대한 번호를 나타낸 것이고, d는 각 블록에서의 4 방향성분을 나타낸 것이다. 따라서 각 실험 지문에서 총 64개의 특징 파라미터를 추출할 수 있었다.

그리고 <표 4>의 특징 파라미터를 가지고 퍼지화 데이터를 생성하고 제안한 생성규칙에 의해 기준지문과 입력지문의 서로 대응하는 파라미터에 대한 유사도를 계산한 결과 <표 5>와 같은 결과를 얻을 수 있었으며 두 지문의 유사도의 합 $SF(sum) = 26.3$ 임을 알 수 있었다.

4.1 임계값 결정

제안한 방법으로 기준지문과 입력지문의 동일성을 평가하기 위해서는 퍼지화 데이터를 생성하기 위한 구간값 α 와 동일성 판별을 위한 임계값 Th 를 결정해야만 한다. 따라서 본 연구에서는 실험치에 의해 구간값 α 와 임계값 Th 를 결정하였다. 실험은 FAR이 0.5%, FRR이 5%에 가장 근접한 조건을 만족하는 α 와 Th 를 찾기 위하여 구간값을 3에서 12까지 변화시키고, 임계값을 40에서 49까지 변화시키면서 FAR과 FRR을 계산하였다. <표 6>은 각각의 조건에 대하여 4,950회씩 FAR을 계산한 결과를 나타낸 것으로 α 가 커질수록 오인식율은 높아지고 Th 가 클수록 오인식율은 작아짐을 알 수 있었다. 또한 <표 7>은 각각의 조건에 대하여 1,000회씩 FRR을 계산한 결과를 나타낸 것으로 α 가 커질수록 오거부율은 낮아지고 Th 가 클수록 오거부율이 높아짐을 알 수 있었다. 실험결과 $\alpha=5$ 이고 $Th=43$ 일때 $FAR=0.34$ 이고 $FRR=3.7$ 로 나타나 본 연구에서 요구하는 조건에 가

장 적합함을 알 수 있었다. 따라서 퍼지화 데이터 생성을 위한 구간값을 $\alpha=5$ 로 결정하였고, 동일성 판별을 위한 임계값을 $Th=43$ 으로 결정하였으며 $SF(sum)$ 이 Th 보다 작으면 두 지문은 상이하다고 판정하였고, $SF(sum)$ 이 Th 보다 크면 두 지문은 동일하다고 판정하였다.

<표 6> α 와 Th 의 변화에 따른 FAR 실험

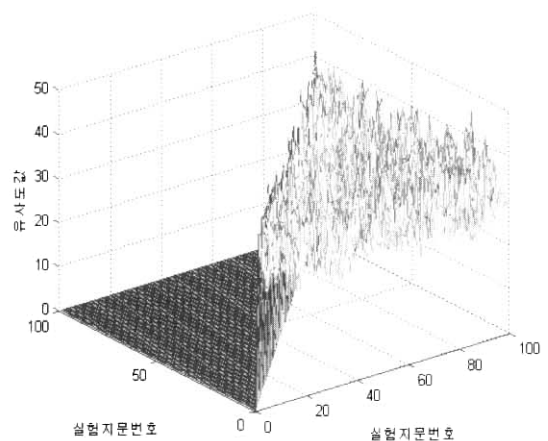
$\alpha \backslash Th$	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
3	0.04	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.38	0.18	0.12	0.06	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
5	3.05	1.54	0.91	0.34	0.22	0.12	0.06	0.04	0.00	0.00
6	7.62	4.97	3.11	1.84	0.91	0.44	0.24	0.14	0.10	0.04
7	15.07	11.19	7.74	5.03	3.27	1.86	0.83	0.44	0.24	0.12
8	25.56	19.35	13.94	10.34	7.25	4.75	2.81	1.58	0.69	0.32
9	38.63	29.78	23.11	17.56	12.44	8.87	6.02	3.86	2.00	1.09
10	53.54	43.31	34.06	26.51	19.90	14.22	10.28	7.01	4.53	2.55
11	66.61	57.21	46.79	36.67	28.61	21.72	15.82	11.19	7.76	4.99
12	78.57	69.98	59.94	49.54	39.70	30.83	23.37	16.73	11.80	8.18

<표 7> α 와 Th 의 변화에 따른 FRR 실험

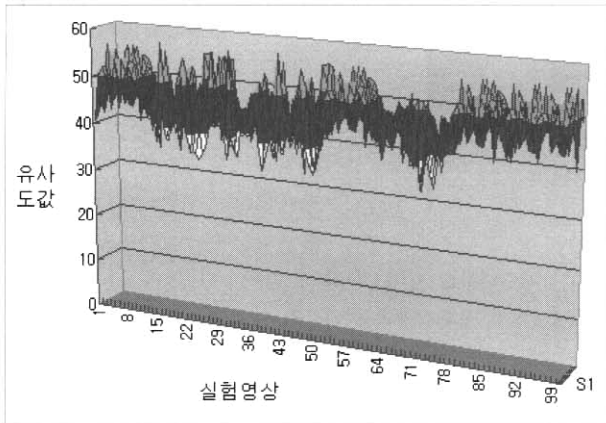
$\alpha \backslash Th$	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
3	3.3	5.2	7.8	11.2	14.6	20.1	25.6	33.2	42.0	52.1
4	2.0	3.3	5.3	7.1	9.5	15.3	22.9	28.0	35.4	43.0
5	1.2	2.0	3.2	3.7	5.3	12.2	17.2	23.1	27.8	36.2
6	0.5	1.2	1.8	2.5	3.1	10.2	13.3	17.7	20.1	24.4
7	0.2	0.8	1.0	1.8	2.0	7.5	9.9	14.6	16.7	19.8
8	0.0	0.3	0.5	1.3	1.5	5.7	6.4	9.5	11.1	14.3
9	0.0	0.0	0.1	0.8	1.0	3.2	3.3	6.0	7.7	9.9
10	0.0	0.0	0.0	0.5	0.7	1.8	2.0	3.1	4.3	6.3
11	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	1.0	1.2	2.0	2.9	4.1
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.8	1.2	1.6	3.3

4.2 동일성 판별 실험

제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 오인식율과 오거부율에 대한 실험을 수행하였다. (그림 8)은 100개의 서로 다른 지문을 가지고 오인식율을 평가한 실험결과를 그래프로 나타낸 것으로써 총 4,950 회의 실험을 수행하였다. 실험결과 임계값 보다 작은 경우는 총 4,950 회의 평가실험 중 4,933회로 나타났고, 유사도 값이 임계값 Th 보다 큰 경우는 모두 17회로 나타나 $FAR=0.34\%$ 임을 알 수 있었다.



(그림 8) FAR의 평가실험



(그림 9) *FRR*의 평가실험

(그림 9)는 100개의 지문에 대하여 각각 10개씩 추가로 입력 받아 총 1,000회의 오거부울을 평가한 실험결과를 그래프로 나타낸 것으로써 동일한 지문으로 맞게 판정한 경우는 총 1,000회의 평가실험 중 963회로 나타났고, 다른 지문으로 잘못 판정한 경우는 모두 37회로 나타나 *FRR*=3.7 % 임을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 형태정보를 이용한 지문인식 알고리즘의 단점인 오인식율을 최소화 하고, 출입관리 시스템에 적용이 가능하도록 블록별 화소방향성분을 이용한 지문의 동일성 판별 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 지문영상을 16개의 블록으로 나누어 각각의 블록들에 대하여 0°, 45°, 90°, 135°의 방향성분을 갖는 특징 파라미터를 추출하고, 추출된 64개의 특징 파라미터에 대하여 기준지문과 입력지문의 멤버십 함수를 계산한 후, 퍼지추론을 이용한 두 지문의 동일성을 판별하였다. 동일성 판별에 사용한 지문은 성인의 지문 중 성별, 모양에 관계없이 서로 다른 100개의 지문을 가지고 오인식율을 평가하였고, 100개의 지문에 대하여 각각 10개씩 추가로 입력하여 오거부울을 평가하였다. 실험 조건으로는 퍼지화 데이터 생성을 위한 구간값 $\alpha=5$, 동일성 판별을 위한 임계값 $Th=43$ 으로 실험에 의해 결정하였으며 서로 대응하는 파라미터의 유사도값의 합 $SF(sum)$ 이 Th 보다 작으면 두 지문은 상이하다고 판정하였고 $SF(sum)$ 이 Th 보다 크면 두 지문은 동일하다고 판정하였다. 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

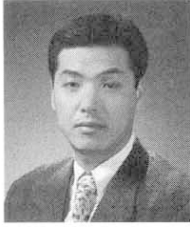
1. 서로 다른 100개의 지문을 가지고 4,950회의 오인식율에 대한 알고리즘 평가실험을 한 결과 *FAR*=0.34 %로 나타나 보안성 뛰어남을 알 수 있었다.
2. 100개의 지문에 대하여 각각 10개씩 추가로 입력받아 1,000 회의 오거부울에 대한 알고리즘 평가실험을 한

결과 *FRR*=3.7 %로 본인 인식율이 뛰어남을 알 수 있었다.

3. 따라서 *FAR*이 0.5% *FRR*이 5% 보다 작게 나타나 보안시스템으로의 적용이 가능함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] http://moolynaru.knu.ac.k/everyday_science/sangmyung/17yoojunhungjil/chamgo02.htm
- [2] B. Moayer and K. S. Fu, "An application of stochastic languages to fingerprint pattern recognition," *Pattern Recognition*, vol. 8, pp.173-179, 1976.
- [3] B. Moayer and K. S. Fu, "A tree system approach for fingerprint pattern recognition," *IEEE Trans. Computers*, vol. C-25, no. 3, pp.262-274, March 1976.
- [4] C. V. K. Rao and K. Balck, "Finding the core point in a fingerprint," *IEEE Trans. Computers*, vol. C-27, no. 1, pp. 77-81, 1978.
- [5] M. Seto and Y. Hoshino, "Computer technology for Fingerprint identification," *畫像電子學會誌*, vol.15, no.3, pp.184-191, 1986(Japan)
- [6] K. Yamato, Y. Hata, N. Yazu, and S. Hashimoto, "Fingerprint identification system by ravine thinning," *電子通信學會論文紙 D*, vol. J71-D, no. 2, pp. 327-335, 1988, Japan
- [7] K. Tezuka, O. Nakmura, M. Toshi, and H. Okuno, "Restoration of fingerprint by template matching," *新學技報*, vol. IE 81-87, pp-15-22, 1981(Japan).
- [8] D.K. Lsenor and S. G. Zaky, "Fingerprint identification using graph matching," *Pattern Recognition*, vol. 19, no. 2, pp.113-122, 1986.
- [9] 조남형, 김종성, 이주신, "화소방향성분을 퍼지추론한 지문인식알고리즘," *영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표논문집*, 제 15회, pp.225-228, 2003.
- [10] J.C.Bezdek, "Analysis of fuzzy information," vol. I, II, III, CRC press, 1987.
- [11] Hiroki Matsumoto, "Optimum control based on fuzzy inference and its simulation," *IIZUKA '90*, pp.61-64.
- [12] A. Kandel, "Fuzzy techniques in pattern recognition," Jhon Wiley & Sons press. 1982.
- [13] S. Huvanandana, C. Kim and J. N. Hwang, "Relaiable and fast fingerprint identification for security applications," *IEEE*, pp.503-506, 2000.



조 남 형

e-mail : nhcho@jsc.ac.kr

1990년 청주대학교 전자공학과(학사)

1992년 청주대학교 전자공학과(석사)

2000년 청주대학교 전자공학과 박사과정
수료

2000년~현재 주성대학 정보통신과 조교수

관심분야 : 영상처리, 지문인식



이 주 신

e-mail : jushin2@cju.ac.kr

1975년 명지대학교 전자공학과 졸업(학사)

1977년 홍익대학교 전자공학과 졸업(공학
석사)

1986년 명지대학교 전자공학과 졸업(공학
박사)

1979년 청주대학교 전자공학과 조교수

1992년~현재 청주대학교 전자공학과 교수

관심분야 : 영상처리, RF ID, 임베디드 시스템 등