

# 스트링기반 MHC 인식부 구성에 의한 지문 매칭 알고리즘

## Fingerprint Matching Algorithm using the String-Based MHC Detector Set

정재원\*, 이동욱\*, 심귀보\*, 이민영\*\*

\*중앙대학교 전자전기공학부

\*\*㈜바이오키시스템

Jae-Won Jeong, Dong-Wook Lee, Kwee-Bo Sim, and Min-Young Lee

\*School of Electrical and Electronic Engineering, Chung-Ang University

\*\*Biokey System Co. Ltd.

E-mail: \*asellus@hitel.net, \*kbsim@cau.ac.kr

### ABSTRACT

사람의 지문은 그 인식성과 종생불변성 및 만인부동성으로 인하여 신원인증을 위한 생체인식에서 가장 많이 이용되고 있다. 최근에는 지문인식의 신뢰성에 더하여, 그 인증속도가 지문인식을 각종 보안 어플리케이션에 응용하는데 있어서 매우 중요한 요소로 부각되고 있다. 본 논문에서는 생체면역계에서의 '자기 - 비자기' 구별과정에 착안한 빠르고 신뢰성 있는 지문인식 알고리즘을 제안한다. 제안한 매칭알고리즘은 지문영상으로부터 추출된 특징점과 방향성분에 기반하여 만들어지는 자기공간(self-space)에 기반하여 이루어지는 1차 매칭과, 특징점의 기하학적 구조에 의하여 구성되는 로컬구조(local structure)에 의하여 구성되는 로컬구조에 의해 수행되는 2차 매칭의 두 단계로 구성되어 인식의 신뢰성을 유지하면서 인증속도를 향상시켰다.

**Keywords** : 지문인식, 특징점, 로컬구조, 인공면역계, MHC 인식부,

## I. 서 론

생체인식(biometric)은 사람의 물리적 또는 행동적 특성을 추출하여 개인의 신원확인이나 인증에 사용하는 기술을 말한다. 생체인식기술에서 사용되는 사람의 생체정보(biometric identifier)에는 사람의 지문, 얼굴형태, 홍채, 각막, 손등정맥, 서명, 음성 등이 있다[1]. 생체인식은 인간의 생체정보를 이용하는 특성에 기인한 특유의 보안성과 편리성으로 인하여 열쇠, 출입카드 등 기존의 보안수단을 대체하는 새로운 보안수단으로서 부각되고 있다[2].

사람의 생체정보 중에서 손가락의 표피에 나타나는 지문(fingerprint)은 땀샘이 융기하여 나타나는 융선(ridge)과 골(valley)의 흐름이 모여서 이루어지는 패턴이다. 사람의 지문이 가지는 주요한 특징은 만인부동합과 종생불변성이다. 그리고 지문은 다른 생체정보와 그 성능을 비교하였을 때 고유성, 불변성, 생체정보 채취의 용이성과 인식성능 등에서 우수한 성능을 가지고 있다[2][3]. 이로 인해 지문인식은 다양한 보안 분야에서 널리 이용되고 있으며, 생체인식 시장에서 차지하는 비중 역시 가장 높다[\*]. 현재 지문의 매칭과 인식관정에는 주로 지문의 특징점(minutiae)이 가지는 데이터

에 기반한 매칭방법이 널리 사용되고 있다[1]. 지문 특징점의 기하학적구조에 기반한 매칭 알고리즘은 각종 영상노이즈를 가지고 있는 지문 이미지에 대해서도 우수한 인식성능을 가지나, 인식과정에서 많은 수의 매칭을 수행해야 하므로, 인식에 시간이 걸리는 단점이 있다[4].

본 논문에서는 생체면역계에서 자기와 비자기를 구별하는 과정에서 세포독성 T세포의 MHC(Major Histocompatibility Complex: 주요조직적합유전자복합체) 단백질 인식과정에 기반, 보다 빠르고 신뢰할 수 있는 지문 매칭 알고리즘을 제안한다[5]. 아울러 제안하는 매칭알고리즘에 대하여 지문 특징점의 기하학적 구조를 고려, 지문영상의 회전 및 병진이동에 대해 보다 강인하게 동작할 수 있도록 하였다.

## II. 면역시스템 및 자기인식을 위한 MHC 인식부

생체면역계(Biological Immune System)은 생물체가 박테리아나 바이러스, 병원균 등 외부침입자(항원:antigen)에 대하여 자신을 보호하기 위한 방어시스템이다. 생체면역시스템은 분산자율시스템으로서의 특성과 항원에 대한

정보를 학습, 기억하는 능력을 가지고 있다[6]. 아울러 '자기 - 비자기' 를 구별하여 비자기(항원)을 제거한다[7]. 이러한 생체면역시스템의 특성을 공학적으로 모델링한 것을 인공면역시스템(Artificial Immune System)이라고 한다.

생체면역계의 기능은 B세포와 T세포의 작용에 의하여 이루어진다. B세포는 항원을 제거하기 위한 항체(antibody)를 분비한다. T세포는 작용기전에 의하여 보조 T세포, 세포독성 T세포, 억제 T세포의 3가지로 구분된다[8]. 그중 각종 항원에 의해 감염된 세포들을 식별하여 죽이는 기능을 수행하는 세포독성 T세포는 2개의 인식부를 가지고 있다. MHC 인식부는 자기 자신의 세포로부터 분비되는 MHC 단백질을 인식하여 세포가 자기세포인지의 여부를 판별한다. 항원인식부는 외부침입자를 항원으로 인식한다. 본 논문에서는, 지문영상으로부터 추출해낸 지문의 특징점과 방향성분(directional field) 값에 기반하여 MHC 인식부를 모델링하고, 이를 지문매칭 알고리즘에 적용하였다.

### III. 지문인식을 위한 특징점 추출

지문의 융선구조로부터 추출되는 특징점은 지문인식을 수행하는 데에 있어서 매우 유용한 특징으로 사용된다. ANSI(American National Standards Institute)에서는 지문의 특징점을 융선의 단선(ridge ending)과 융선의 분기점(ridge bifurcation), 그리고 crossover와 undetermined의 4가지로 구분하고 있다[9].

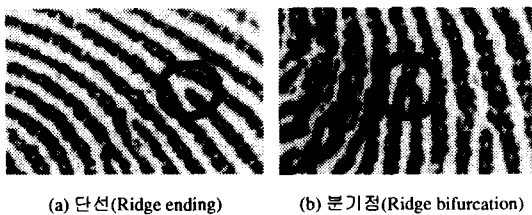


그림 1. 지문의 두 가지 특징점: 단선, 분기점

그 중에서 지문영상의 매칭 및 인식과정에서 주로 사용되는 중요한 특징점은 단선 및 분기점의 두 종류이다[9]. 지문영상으로부터 특징점을 추출하는데에는 크게 영상을 이진화시킨 후 특징점을 추출하는 방법(binarity-based)과 그레이영상레벨에서 특징점을 추출하는 방법(direct gray-scale extraction)의 두 종류가 있다[1]. 본 논문에서는 단선과 분기점의 두 종류의 특징점을 매칭과정에 사용하며, 영상을 이진화 한 후 이를 세선화

(skeletonization)하는 영상이진화기법에 기반해서 이를 추출, 매칭알고리즘에 적용하였다.

### IV. 스트링기반 MHC 인식부 구성에 의한 지문 매칭 알고리즘

입력된 지문을 지문데이터베이스(템플릿)에 저장된 지문데이터와 대조, 신원을 확인하는 지문 매칭과정은 지문 인식과정과정에서 매우 중요하다. 본 논문에서는 인공면역계의 자기인식 모델링에 기반하여 보다 빠르고 강인한 지문 매칭 알고리즘을 제안한다. 기존의 특징점에 기반한 매칭 알고리즘은 템플릿에 저장되어 있는 지문영상의 특징점 데이터를 전부 이용하여 매칭을 수행한다. 이러한 방법에 비해, 본 논문에서 제안하는 매칭알고리즘은 템플릿에 저장되어 있는 특징점의 분포와 방향성분의 값에 의해서 생성되는 이진스트링의 집합인 자기공간(self-space)과 입력지문영상의 자기공간으로부터 구성되는 MHC 인식부를 이용하여 1차 매칭을 실행한다. 1차 매칭과정에서의 매칭 점수에 의하여 2차 매칭을 적용할 템플릿 지문영상들을 선택, 2차 매칭에 사용될 지문영상의 후보군을 줄인다. 그리고 1차 매칭에서 매칭이 이루어진 영역 내에 존재하는 특징점들을 중심으로 하는 로컬구조(local structure)에 기반하여 2차 매칭을 하여, 입력된 지문영상의 매칭 여부를 판별하게 된다. 2단계의 매칭을 통해 매칭과정에 사용되는 템플릿 수 및 특징점의 수를 줄여 매칭속도를 향상시킬 수 있다. 1차 매칭단계에서 제안한 알고리즘을 적용하기 위해, 입력된 지문영상을 16×16 픽셀의 크기를 가지는 블록으로 나눈다. 나누어진 각각의 블록은 6비트의 길이를 가지는 이진수로서 표현된다. 이 과정을 그림 2와 같이 지문영상 내의 모든 블록에 대해 반복하여 이진스트링의 집합으로 이루어지는 자기공간을 만든다.

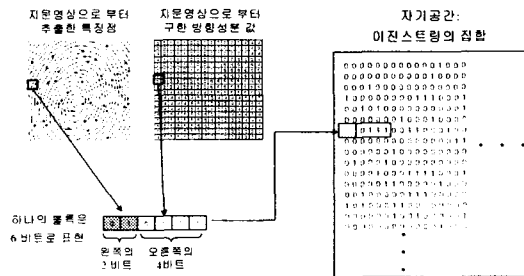


그림 2. 지문영상으로부터 구성된 이진스트링의 집합인 자기공간(self-space)

표 1은 각 블록에 할당된 6비트의 값이 결정되는 조건이다. 6비트에서 왼쪽의 2비트는 해당 블록에서의 특징점이 가지는 정보에 의해 그 값이 결정되며, 오른쪽의 4비트는 해당 블록의 방향성분 값에 의해서 그 값이 결정된다.

표 1. 블록에 할당된 비트 값의 결정조건

왼쪽의 2비트 값의 결정조건

비트값	조건
00	블록내에 특징점이 존재하지 않을 때
01	한 개의 단선이 블록내에 존재할 때
10	한 개의 분기점이 블록내에 존재할 때
11	두개 이상의 특징점이 블록내에 존재할 때

오른쪽의 4비트 값의 결정조건

방향성분	0	1	2	3	4	5	6	7
0000	0	0°	1111	4	90°			
0001	1	22.5°	1110	5	112.5°			
0011	2	45°	1100	6	135°			
0111	3	67.5°	1000	7	157.5°			

입력된 지문영상으로부터 만들어진 자기공간을 구성하는 6×(하나의 행(row)에서의 블록수)비트 길이의 이진스트링의 중심으로부터 임의의 1 비트가 추출되어 하나의 MHC 디텍터를 형성한다. 이를 반복, N개의 MHC 디텍터를 가지는 MHC 인식부를 형성한다.

입력지문영상으로부터 생성된 MHC 인식부는 템플릿 지문영상으로부터 만들어진 자기공간과 매칭이 된다(템플릿 지문영상의 자기공간과 입력된 지문영상의 자기공간의 크기는 같다). MHC 인식부를 형성하고 있는 N개의 MHC 디텍터는 각각 그림 3의 과정을 통하여 템플릿 지문영상의 자기공간의 이진스트링 집합과 매칭되어 각각의 MHC 디텍터가 가장 높은 매칭점수로 매칭되는 템플릿 지문영상의 자기공간에서의 위치를 찾는다. 그리고 각각의 템플릿영상에 대한 MHC 디텍터들의 매칭점수를 합산하여 이를 비교, 높은 점수를 가지는 템플릿 영상들을 선택하여 선택된 영상에 대해서만 2차 매칭을 적용한다.

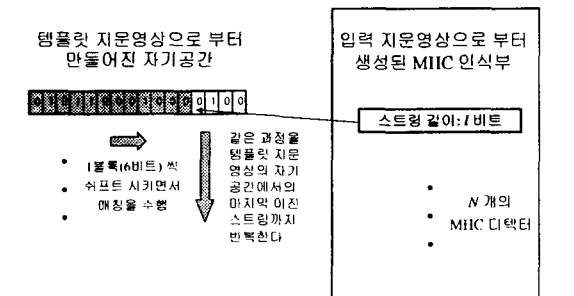


그림 3. 입력 지문영상으로부터 생성된 MHC 인식부가 템플릿 지문영상으로부터 생성된 자기공간과 매칭되는 과정

1차 매칭에서 선택된 템플릿으로부터 만들어진 자기공간과 입력 지문영상으로부터 만들어진 MHC 인식부를 매칭하는 1차 매칭과정에서, MHC 디텍터와 템플릿의 자기공간이 가장 높은 점수로 매칭된 위치에 대하여 매칭된 위치에서의 템플릿의 자기공간과 입력 지문영상의 MHC 디텍터의 블록내에 존재하는 특징점들을 중심점(center minutia)으로 하는 로컬구조를 구성[10][11], 2차 매칭을 수행한다.

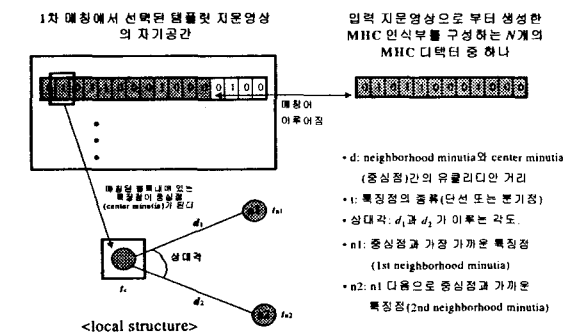


그림 4. 로컬구조에 의한 2차 매칭과정 및 2개의 이웃점을 가지는 로컬구조와 그 파라미터

그림 4는 로컬구조에 의한 2차 매칭이 수행되는 과정 및 중심점에 대하여 2개의 이웃점(neighborhood minutia)을 가지는 로컬구조와 그 파라미터를 보이고 있다. 특징점의 기하학적 구조에 기반하여 구성되는 로컬구조의 파라미터는 영상의 회전 및 병진이동의 영향을 받지 않는다[10][11]. 이는 2차 매칭이 회전, 병진이동 및 기타 변환에 대하여 보다 강인하게 동작할 수 있도록 한다. 1차 매칭에서 선택된 각 템플릿 지문영상의 자기공간과 MHC 인식부의 N개의 MHC 디텍터에 대한 2차 매칭점수를 비교하여, 가장 높은 매칭점수를 받은 템플릿 지문영상을 최종 인증된 지문으로 한다.

### V. 실험결과

제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 실험에 사용한 지문영상은 500DPI의 해상도를 가지는 광학식 지문입력센서로부터 추출하였으며, 288×320 픽셀 크기를 가지고 있다. 실험에 사용된 영상은 정렬(alignment)이 되어있음을 가정하였다. 제안한 알고리즘에서의 1차 매칭과정을 적용하기 위하여 지문영상은 18×20개의 블록(각 블록크기는 16×16 픽셀)으로 나누어지고, 그 뒤에 가장자리의 1개의 블록을 제거하여 16×18개의 블록으로 자기공간을 구성하였다. 따라서 자기공간은 96비트의 길이를 가지는 18개의 이진스트링으로

구성된다. MHC 인식부는 입력지문영상의 자기 공간으로부터 만들어지며, 72비트의 길이를 가지는 10개의 MHC 디렉터를 구성하였다. 5명에 대하여 각각 10장씩 총 50장의 입력지문영상을 실험에 사용하여 인식성능을 테스트 하였다. 1차 매칭과정에서 매칭점수에 따라 5개의 템플릿 영상 중 2개를 선택하여 2차 매칭을 적용하였다. 2차 매칭에서는 MHC 디렉터가 매칭된 위치에 대해서만 로컬구조에 의한 2차 매칭을 수행하여, 1차 매칭과 2차 매칭을 통하여 매칭 속도가 향상될 수 있도록 하였다. 로컬구조는 매칭된 위치 내에 존재하는 특징점을 중심으로 하여 가장 가까운 거리에 존재하는 특징점과 그 다음으로 가까운 거리에 존재하는 특징점 두개를 이웃점으로 하여 구성하였다. 실험결과 50개의 입력 지문 중 36개의 입력지문영상이 바르게 인식되어, 72%의 인식률을 보였다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 생체면역계에서 세포독성 T 세포의 MHC 인식부에 의한 자기인식 과정을 모델링한 지문 매칭 알고리즘을 제안하였다. 1차 매칭은 템플릿으로부터 구성된 자기공간과 입력지문영상으로부터 구성된 MHC 인식부에 의해서 이루어진다. 이 1차 매칭과정에서 매칭에 사용되는 템플릿의 수와 매칭에 사용되는 특징점 수를 줄이고, 영상노이즈로 인하여 발생하는 잘못된 특징점으로 인한 오인식율을 줄일 수 있다. 1차 매칭에서 선택된 템플릿영상의 자기공간 이진스트링과 입력영상의 MHC 디렉터 스트링이 표현하는 블록 내의 특징점을 중심으로 하여 로컬구조를 구성, 2차 매칭에 적용하였다. 로컬구조의 파라미터는 회전 및 병진이동에 대해 영향을 받지 않으며, 이는 매칭알고리즘의 신뢰성을 향상시킨다. 본 논문에서 제안한 방식은 매칭시간이 비교적 적게 걸리는 1차 매칭을 통하여, 2차 매칭에서 비교할 템플릿 영상의 수와, 특징점 데이터의 수를 줄여 전체적으로 매칭속도를 빠르게 할 수 있다. 그리고 그 가능성을 실험을 통하여 제시하였다. 차후로 알고리즘의 개선을 통하여 인증률을 향상시키고, 기존의 매칭알고리즘과의 인증률 및 매칭속도의 비교를 통하여 보다 빠르고, 신뢰할 수 있는 지문인식시스템을 구현할 예정이다.

감사의 글 : 본 연구는 2004년도 중소기업청 기술혁신개발사업 위탁과제의 연구비를 지원 받아 수행하였습니다. 연구비 지원에 감사

드립니다.

## 참고문헌

- [1] Davide Maltoni, Dario Maio, Anil K. Jain, Salil Prabhakar, *Handbook of Fingerprint Recognition*, Springer, 2003.
- [2] 심귀보, 반창봉, 심재윤, "지능형 지문인식시스템의 개발," *한국산학연논문집*, 제 1권, 2호, pp. 111-119, 2001.
- [3] Anil K. Jain, Lin Hong, Sharath Pankanti, Ruud Bolle, "An Identify-Authentication System Using Fingerprints," *Proc. of the IEEE*, Vol. 85, pp. 1365-1388, 1997.
- [4] A. Wahab, S. H. Chin, E. C. Tan, "Novel Approach to automated fingerprint recognition," *Proc. of IEEE Conf. on Vision, Image and Signal Processing*, Vol. 145, pp. 160-166, 1998.
- [5] 심귀보, 이동욱, "T세포 발생과정의 긍정 및 부정 선택에 기반한 변경 검사 알고리즘," *한국퍼지 및 지능시스템학회 논문집*, Vol. 13, No.1, pp. 119-124, 2003.
- [6] Dipankar Dasgupta, *Artificial immune systems and their applications*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1999.
- [7] Jae-Won Yang, Dong-Wook Lee, Kwee-Bo Sim, Yang-Seo Choi, Dong-Il Seo, "Intrusion Detection Algorithm based on Artificial Immune System," *Proc. on ICCAS2002*, pp. 110-114, 2002.
- [8] 타다 토미오, *면역의 의미론*, 한울, 1998.
- [9] Alessandro Farina, Zsolt M. Kovacs-Vajna\*, Alberto Leone, "Fingerprint minutiae extraction from skeletonized binary images," *Pattern Recognition*, Vol. 32, No. 5, pp. 877-889, 1999.
- [10] Xudong Jiang, Wei-Yun Yau, "Fingerprint Minutiae Matching Based on the Local And Global Structures," *IEEE Proc. on Pattern Recognition*, Vol. 2, pp. 1038-1041, 2000.
- [11] Dinesh P Mital, Eam Khwang Teoh, "An Automated Matching Technique for Fingerprint Identification," *Proc. on KES '97*, Vol. 1, pp. 142-147, 1997.