

인공 면역계에 기반한 지문 매칭 알고리즘

Fingerprint Matching Algorithm Based on Artificial Immune System

정재원, 양재원, 이동욱, 심귀보
중앙대학교 전자전기공학부

Jae-Won Jeong, Jae-Won Yang, Dong-Wook Lee, and Kwee-Bo Sim
School of Electrical and Electronic Engineering, Chung-Ang University
E-mail: kbsim@cau.ac.kr

ABSTRACT

지문은 종생불변성, 만인부동성, 그리고 사용상의 편리함 때문에 신원인증을 위한 생체인식에 많이 이용되고 있다. 최근에는 기하학구조에 기반한 특이점 매칭방식이 제안되어 인식성능이 매우 높고 잡음에 강한 특성이 있으나 매칭 회수가 많아 인식속도가 느린 단점이 있다. 따라서 기존의 방식은 소수의 지문에 대한 1:多 매칭이나 1:1매칭에 주로 사용된다. 본 논문에서는 기존의 문제점들을 개선하기 위하여 생체 면역계의 자기-비자기 인식 능력에 주목하였다. 생체 면역계는 자기-비자기의 구별 능력을 바탕으로 바이러스나 병원균 등의 낯선 외부침입자로부터 자신을 보호하고 침입자를 식별, 제거하는 시스템이다. 본 논문에서는 생체 면역계를 이루는 면역세포 중의 하나인 세포독성 T세포의 생성과정에서 자기, 비자기를 구별하기 위한 MHC 인식부를 형성하는 과정에 착안한 빠르고 신뢰성 있는 지문 인식 알고리즘을 제안한다. 제안한 방식은 지문에 존재하는 특이점(minutiae)인식을 통해 1단계로 global 패턴을 생성하고 2단계로 기하학적인 구조를 만들며, 인식시 global 패턴을 인식한 MHC 인식부에 대해서만 2차 local 매칭을 수행함으로써 매칭 속도가 매우 빠르며 지문의 비틀림이나 회전 등에 대하여 강인하게 인식된다.

Keywords : 지문인식, 특이점, 기하학적 구조, 면역 시스템, MHC 인식부,

1. 서 론

생체인식(biometric)이란 사람의 생체정보(지문, 얼굴, 홍채, 각막, 손등, 정맥, 음성 등)를 추출하여 개인을 식별하는 것을 뜻하며, 인간의 생체정보를 이용하는 특성에 기인한 특유의 보안성과 편리성으로 인하여 기존의 열쇠, 출입카드 등의 보안수단을 대체하는 새로운 보안수단으로서 부각되고 있다[1].

사람의 생체정보 중에서 지문(fingerprint)은 땀샘이 융기하여 일정한 흐름을 형성한 것으로 종생불변, 만인부동한 특성을 가지고 있

으며 생체인식기술의 성능을 평가하는 지표가 되는 독특성(uniqueness), 영구성(permanence), 획득성(collectability) 및 인식성능(performance), 수용성(acceptability) 등에 있어서 정맥(vein), 홍채(iris), 얼굴(face) 등의 다른 생체정보 보다 높게 평가되고 있어 [1][2] 생체인식기술 중에서 가장 보편화되어 있으며 생체인식기술 시장에서 가장 큰 규모를 차지하고 있다. 이러한 지문인식을 위한 많은 연구가 이루어지고 있으며, 현재는 지문의 특이점(minutiae)에 기반하여 지문영상의 매칭을 행하는 것이 일반적이다. 기존에 제안되어 있는 지문 특이점의 기하학적 구조에 기반한 매칭(structure-based matching)은 영상잡음에 강하며 그 인식성능도 매우 높으나, 전체 특이점에 대하여 1차 local structure 매칭, 2차 global structure 매칭을 행함으로써 인식에 시간이 걸리는 단점이 있다[3].

본 연구는 2003년도 서울시·중소기업청 산학연 공동기술개발 컨소시엄사업의 연구비를 지원 받아 수행하였습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

본 논문에서는 생체 면역계에서 자기를 인식하는 중추적인 역할을 담당하는 MHC(Major Histocompatibility Complex: 주요조직적합유전자복합체) 인식부를 모델링하여[4] 이를 개인 지문의 매칭에 적용, 보다 빠르게 지문을 매칭하는 알고리즘을 제안한다. 아울러 지문의 특이점이 가지는 기하학적 요소를 고려하여 회전(rotation) 및 병진이동(translation)에 대하여 보다 강인한 매칭 알고리즘으로서 동작할 수 있게 한다.

II. 면역 시스템

2.1 생체 면역 시스템

생체 면역 시스템(Biological Immune System)은 외부로부터 침입한 세균 등의 이물질(항원: antigen)에 대하여 자신을 지키는 2차 방어수단으로서 생물체는 진화의 과정을 통하여 고도로 발달된 면역 시스템을 발전시켜 왔다. 이러한 생체 면역 시스템은 면역 시스템의 기능을 제어하는 중심장기가 존재하지 않는 자율분산시스템으로서 전체의 조화를 유지하는 능력을 가지고 있으며, 항원에 대한 정보를 처리하고 학습 및 기억하는 능력, '자기(self)'와 '비자기(non-self)'를 구별하여 '비자기(non-self)'를 배제하는 능력을 가지고 있다[5]. 아울러 정보처리 적인 측면에서 보았을 때 면역 시스템은 매우 발달된 병렬처리 지능시스템으로서 기능하는 특성을 가지고 있다[6]. 때문에 이러한 생체 면역 시스템의 특성을 모델링하여 공학적으로 응용하고자 하는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 생체 면역 시스템을 인공적으로 모델링한 것을 인공 면역 시스템(Artificial Immune System)이라고 한다.

2.2 자기인식을 위한 MHC 인식부

생체 면역 시스템의 기능은 기본적으로 B세포(B-cell)과 T세포(T-cell)의 작용에 대해서 이루어진다. B세포는 골수에서 생성되어 침입해 들어온 항원(세균)에 대하여 항체(antibody)를 생성, 분비하여 항원을 제거하는 역할을 한다. T세포는 흉선에서 생성되며 그 기능에 따라서 B세포를 활성화시켜 항체의 분비를 촉진하는 보조 T세포(Helper T-cell), 항원에 의해 감염된 자기 세포를 식별하여 죽이는 역할을 하는 세포독성 T세포(Cytotoxic T-cell), 항체에 의한 면역 시스템이 활성화된 후에 면역 시스템의 활동을 억제하는 역할을 하는 억제 T세포(Suppress T-cell)로 구분된다[7].

이 중에서 세포독성 T세포는 각각의 세포와

자기세포 임을 알리는 MHC를 인식하는 MHC 인식부와 항원을 인식하는 항원인식부로 구성되어서 세포에 대하여 '자기' - '비자기' 구분을 행하여 외부 항원에 대처하게 된다. MHC는 자기세포에서 분비되는 단백질로서 T세포의 MHC인식부는 이 MHC를 인식하여 '자기세포'를 인식하게 된다. 본 논문에서는 지문에 존재하는 특이점의 분포에 기반하여 지문을 인식하기 위한 MHC 인식부를 모델링하고, 이를 지문매칭에 적용한다.

III. 지문인식을 위한 특이점 추출

지문인식을 위해서 일반적으로 지문의 융선 구조에 기인한 특이점을 주로 사용한다. 지문의 특이점에는 단선(ridge ending)과 분기점(ridge bifurcation)이 있으며 이들을 지문영상으로부터 추출하여 지문의 매칭 과정에서 사용한다[2].

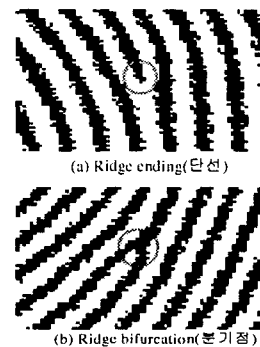


그림 1. 지문의 단선(위)과 분기점(아래)

그러나 지문 영상의 특성상 입력받은 영상에는 대상 손가락의 습기, 입력센서나 손가락 표면의 이물질 등으로 인하여 노이즈가 있는 것이 일반적이며, 이는 지문인식을 위한 지문영상의 분석 및 특이점 추출을 어렵게 한다[2].

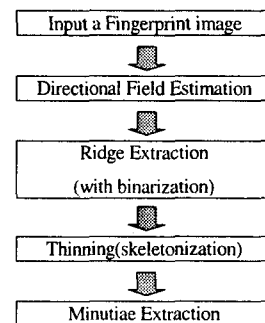


그림 2. 지문의 특이점 추출 과정

따라서 영상의 노이즈를 제거하고, 융선의 구조를 보다 두드러지게 하기 위하여 지문 영상에 대하여 특화된 영상처리가 필요하다. 그림 2의 과정을 거쳐서 지문영상으로부터 특이점을 추출하여 이를 매칭에 사용한다.

IV. 인공 면역계에 기반한 지문 매칭 알고리즘

지문인식에 있어서 입력된 지문을 지문데이터베이스(템플릿)와 대조하여 본인 여부를 판별하는 지문의 매칭과정은 지문인식기술에 있어서 매우 중요하다. 본 논문에서는 인공 면역계의 자기 인식 모델에 기반하여 보다 빠르고, 회전이나 병진이동 및 기타 영상노이즈에 대하여 강인한 지문 매칭알고리즘을 제안한다. 기존의 매칭 방법은 템플릿에 저장된 지문영상의 특이점과 입력된 지문영상으로부터 추출한 특이점을 전부 이용하여 매칭을 한다. 그에 비해 본 논문에서 제안하는 매칭알고리즘은 템플릿에 저장된 지문영상의 특이점의 분포로부터 구성된 자기공간(self-space)과 입력된 지문영상의 특이점 분포로부터 구성된 MHC 인식부를 가지고 1차 매칭을 행하여 매칭이 이루어진 영역내에 존재하는 특이점을 가지고 2차 매칭을 수행하여 지문영상의 매칭여부를 판별한다. 이에 의해 전체 특이점에 대한 매칭이 아니라 매칭된 영역내에 존재하는 특이점에 대해서만 2차 매칭을 행하므로 매칭에 사용되는 특이점 수를 줄여서 처리속도를 향상시킬 수 있다. 아울러 2차 매칭에서는 해당 특이점에 대한 local structure를 구성하여 회전 및 병진이동의 영향을 받지 않는 매칭을 수행하도록 하였다.

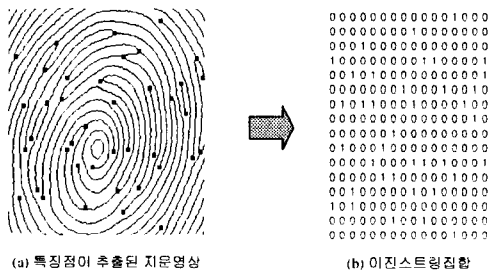


그림 3. 지문영상으로부터 구성된 binary string 의 자기공간

256X256 pixel의 크기를 가지는 입력 영상을 16X16 pixel의 크기를 가지는 block으로 영역을 나눈 뒤, 해당 block에 대하여 특이점

을 탐색하여 block내에서 1개 이상의 특이점이 발견되면 해당 block을 '1'로 설정하고 아니면 해당 block을 '0'으로 설정한다. 이 과정을 모든 block에 대해 반복하여 적용, 하나의 스트링이 16(bit)의 크기를 가지는 이진스트링 집합을 만든다. 이것이 자기공간이 된다.

자기공간을 이루는 16 비트 스트링으로부터 중심에서 1 비트를 추출(1의 값은 보통 8-12 정도의 값으로 정한다.)하여 N 개의 MHC 인식부를 만든다.



그림 4. 이진스트링으로 이루어진 자기공간으로부터 MHC 인식부를 생성하는 과정

입력된 지문영상으로부터 생성한 MHC 인식부 집합의 인식부를 템플릿의 이진 자기공간 스트링집합(크기는 입력영상으로부터 생성한 자기공간과 같다)과 매칭시킨다. 템플릿의 string에 대하여 1 비트씩 shift 시키면서 매칭하여 매칭이 되지 않으면 템플릿의 다음 스트링과 매칭시킨다.

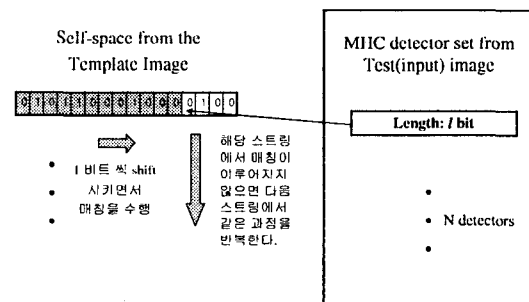


그림 5. 템플릿의 자기공간과 테스트(입력) 지문 영상으로부터 생성한 MHC 인식부를 매칭

템플릿의 자기공간과 입력지문의 MHC 인식부를 매칭시켜 나가는 과정에서 정해진 수 이상의 비트가 매칭이 되면(완전한 매칭을 조건으로 하지 않는 이유는 여러 형태의 노이즈로 인해 발생할 수 있는 잘못된 특이점 등을 고려하기 위함이다) 해당 MHC 인식부의 스트링과 그에 매칭된 템플릿의 자기공간의 스트링이 표

현하는 영상의 block 내에 존재하는 특이점들을 가지고 그들을 중심으로 하는 local structure[8][9]를 구성하여 구성된 local structure간의 매칭을 행한다. local structure를 구성하여 매칭을 수행하는 이유는 local structure를 구성함으로써 특이점이 가지는 좌표, 용선방향각 등 회전 및 병진이동에 대하여 직접적으로 영향을 받는 파라미터를 길이, 사이각, 특이점의 유형(단선 또는 분기점) 등 회전 및 병진이동에 대한 영향을 받지 않는 파라미터로 변환하여, 회전 등의 영향을 받지 않고 지문영상을 매칭을 행하기 위해서이다. local structure는 하나의 특이점(center minutia)과 그에 대하여 가장 가까운 두개의 다른 특이점(neighborhood minutiae)으로 구성되며 그 파라미터는 특이점 간의 거리, 특이점의 유형, 사이각으로 이루어지며 이러한 파라미터들은 회전 및 병진이동의 영향을 받지 않는다[8][9]. 매칭 점수가 임의로 지정된 임계값을 넘어서면 해당 MHC 인식부를 '자기(self)'로 인정한다. 이 과정을 입력지문영상으로부터 생성한 N개의 MHC 인식부에게 적용, 지문영상의 매칭 여부를 판정한다.

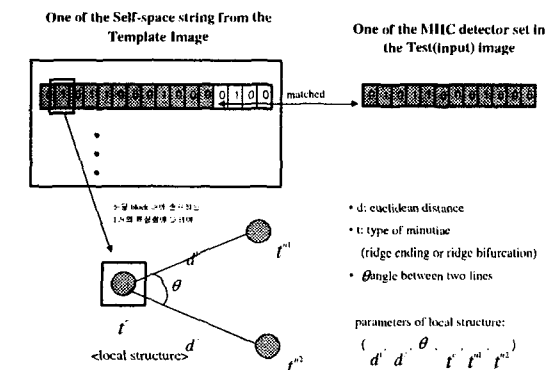


그림 6. MHC 인식부가 매칭되었을 때의 local structure 매칭을 통한 '자기'인식

V. 결 론

본 논문에서는 인공 면역계에서 MHC 인식부에 의한 자기 인식 모델에 기반하여 지문의 매칭 알고리즘을 제안하였다. 이진스트링으로 이루어진 템플릿의 자기공간과 입력영상의 MHC 인식부를 1차 매칭시킴으로서 특징점의 후보군을 줄임과 아울러 영상 잡음에 의한 잘못된 특징점등에 의한 매칭의 오차율을 줄일 수 있고, 이진스트링이 매칭된 MHC 인식부에 대하여 해당 인식부에 포함되어있는 특징점을 중심으로 한 local structure를 구성, 회전 및 병진이동에 무관한 파라미터를 이용한 2차 매

칭을 행하여 매칭의 신뢰도를 높이고자 하였다. 앞으로의 과제는 제안된 알고리즘을 실제로 구현하면서 문제점을 수정, 보완하여 보다 빠르고 신뢰할 수 있는 지문 매칭 알고리즘을 만드는 것이다. 그리고 인공 면역계에서 '자기'-'비자기'를 구별하는 생체 면역계를 모델링한 또 하나의 모델인 negative selection을 적용하여 변형된 지문의 인식성능을 높이는 연구를 수행할 예정이다.

참고문헌

- [1] 심귀보, 반창봉, 심재윤, "지능형 지문인식시스템의 개발," *한국산학연논문집*, 제 1권, 2호, pp. 111-119, 2001.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 심귀보, 이동욱, "T세포 발생과정의 긍정 및 부정 선택에 기반한 변경 검사 알고리즘," *한국퍼지 및 지능시스템학회 논문집*, Vol. 13, No.1, pp. 119-124, 2003.
- [5] 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.
- [6] Dipankar Dasgupta, *Artificial immune systems and their applications*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1999.
- [7] 타다 토미오, *면역의 의미론*, 한울, 1998.
- [8] 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.
- [9] Dinesh P Mital, Eam Khwang Teoh, "An Automated Matching Technique for Fingerprint Identification," *Proc. on KES '97.*, Vol. 1, pp. 142-147, 1997.